

UNTERSUCHUNGEN ZUM
PROTEIN- UND AMINOSÄURENBEDARF
ERWACHSENER KRALLENAFFEN
DER SPEZIES CALLITHRIX JACCHUS

Hildegard Adler

Dess München
1985



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554819_0055

Aus dem Institut für
Physiologie, Physiologische Chemie und Ernährungsphysiologie
der Tierärztlichen Fakultät der Universität München
Geschäftsführender Vorstand: Prof. Dr. H. Zucker

Angefertigt unter Leitung von
Prof. Dr. H. Zucker

UNTERSUCHUNGEN ZUM
PROTEIN- UND AMINOSÄURENBEDARF
ERWACHSENER KRALLENAFFEN DER SPEZIES
CALLITHRIX JACCHUS

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

von
HILDEGARD ADLER
aus
Achern

München 1984

Gedruckt mit der Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Dekan: Prof. Dr. W. Leidl

Referent: Prof. Dr. H. Zucker

Korreferent: Prof. Dr. W. Rössner

Tag der Promotion: 22. Februar 1985

DISSERTATIONS - UND FOTODRUCK FRANK GmbH
8000 München 2, Gabelsbergerstraße 15, Tel. 2809090

Meinem Vater

INHALTSÜBERSICHT

	Seite
1. Einleitung und Problemstellung	1
2. Literaturübersicht	3
2.1. Proteinbedarf	3
2.2. Aminosäurenbedarf	6
2.3. Einfluß des unspezifischen Stickstoffs auf die N-Bilanz	11
2.4. Einfluß der Energiezufuhr auf die Stickstoffbilanz	14
2.5. Protein- und Aminosäurenbedarfsermittlung durch Stickstoffbilanzstudien	16
3. Eigene Untersuchungen	20
3.1. Material und Methoden	20
3.1.1. Versuchstiere und Haltungsbedingungen	20
3.1.2. Versuchsplanung und Versuchsdurchführung	21
3.1.3. Zusammensetzung der Versuchsdiäten	24
3.1.4. Analytische Methoden	25
3.2. Ergebnisse	29
3.2.1. Allgemeinbefinden und Verhalten	29
3.2.2. Futterverzehr, Energieaufnahme und Körpergewichtsentwicklung	29
3.2.3. Verdaulichkeit	30
3.2.4. Kreatininausscheidung im Harn	31
3.2.5. Stickstoffbilanzuntersuchungen	31
3.2.6. Phosphorbilanzuntersuchungen	32
4. Diskussion	54
5. Schlußfolgerungen	63
6. Zusammenfassung, Summary	64
7. Anhang: Tabellen	66
8. Literaturverzeichnis	73

1. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Die Krallenaffen gehören zu der Primatenteilordnung der Neuweltaffen. Während die Altweltaffen in Afrika und Asien beheimatet sind, leben die Neuweltaffen in Zentral- und Südamerika. Die Neuweltaffen, wegen ihrer breiten Nasenscheidewand auch Breitnasenaffen genannt, werden in drei Familien unterteilt: Krallenaffen (Callitricidae), Kapuzinerartige (Cebidae, dazu gehören u.a. Kapuziner- und Totenkopffaffen) und Springtamarins (Callimiconidae).

Die Krallenaffen bewohnen die Urwaldgebiete östlich der Anden. Sie leben in den Bäumen der Regenwälder und betreten nur sehr selten den Erdboden (WENDT, 1968). In freier Wildbahn besteht ihre Nahrung aus Blüten, Blättern, Früchten, Samen, Vogeleiern, kleinen Wirbeltieren und zu einem großen Teil auch aus Insekten (NAPIER und NAPIER, 1967; KINGSTON, 1969; THORINGTON, 1970). Nach ihrer Dentition werden die Krallenaffen in Marmosets und Tamarins eingeteilt (HERSHKOVITZ, 1977).

Als Versuchstiere in der medizinischen Forschung haben Krallenaffen eine große Bedeutung erlangt. Sie sind für eine große Anzahl menschenpathogener Viren empfänglich, darunter die Erreger von Hepatitis A, Mumps, Röteln, das Herpes-simplex-Virus und verschiedene Tumoviren. Auch in der pharmakologischen, toxikologischen und teratologischen Forschung werden sie eingesetzt.

Da der Import von Krallenaffen durch das Artenschutzabkommen von Washington stark eingeschränkt ist, können kaum mehr Wildfänge in Versuchen eingesetzt werden. Die Versuchstiere müssen in Kolonien gezüchtet werden. Für eine erfolgreiche Zucht und Haltung der Tiere ist u.a. eine bedarfsgerechte Ernährung erforderlich. Auch dürfen Versuchsergebnisse nicht durch einen unerwarteten Nährstoffmangel verfälscht werden.

Proteine nehmen in der Ernährung eine bedeutende Stellung ein, da der tierische Organismus die im Protein enthaltenen essentiellen Aminosäuren nicht selbst synthetisieren kann. Auch der zur Synthese nichtessentieller Aminosäuren benötigte Stickstoff wird in der konventionellen Nahrung durch das Protein geliefert.

Aufbauend auf Untersuchungen von SCHOEN (1982), LEHMANN (1984) und SAPPL (1984) zum Proteinbedarf von Krallenaffen, war das Ziel dieser Arbeit, den Protein- und Aminosäurenbedarf erwachsener Krallenaffen der Spezies *Callithrix jacchus* zu ermitteln. Solche Bedarfsuntersuchungen werden üblicherweise als Stickstoffbilanzuntersuchungen durchgeführt. Um den genauen Bedarf für eine einzelne Aminosäure zu ermitteln, wird eine gereinigte Diät verabreicht mit einem ausreichenden Gehalt an Stickstoff und an allen essentiellen Aminosäuren außer der, deren Bedarf bestimmt werden soll. Diese Aminosäure wird nun in unterschiedlicher Höhe der Diät zugelegt, wobei die Stickstoffbilanz als Kriterium für die Beurteilung des Bedarfs dient. Da solche Bedarfsuntersuchungen ausgesprochen aufwendig sind - ROSE et al. (1955) verwendeten auf Aminosäurenbedarfsstudien am Menschen fast zwölf Jahre -, wurde im Rahmen dieser Arbeit auf die Ermittlung des Bedarfs an jeder einzelnen Aminosäure verzichtet.

Neben der Ermittlung des Bilanzminimums mit einer für den Menschen als hochwertig angesehenen Aminosäurenmischung sollten mit den essentiellen Aminosäuren Bedarfsermittlungen durchgeführt werden, die in einen üblichen Tierfuttermitteln limitierend bzw. bezüglich ihrer Essentialität umstritten sind.

2. LITERATURÜBERSICHT

2.1. Proteinbedarf

Der erwachsene Organismus hat einen Erhaltungsbedarf an essentiellen Aminosäuren und unspezifischem Stickstoff, die ihm hauptsächlich zur Proteinsynthese dienen. Diese werden ihm bei konventioneller Ernährung als Protein zugeführt. Die Qualität eines Proteins ist abhängig von seinem Gehalt an den einzelnen essentiellen Aminosäuren. Zur Bedarfsdeckung werden von hochwertigem Protein geringere Mengen benötigt als von weniger hochwertigem Protein. Als besonders hochwertig gelten vor allem das Eiprotein und das Milchprotein.

Der Minimalbedarf des Menschen an Protein, wenn Ei als Proteinquelle dient, wurde von CALLOWAY und MARGEN (1971) und YOUNG et al. (1973) mit 0,42 bzw. 0,46 g pro kg Körpermasse (KM) und Tag angegeben. Nach SCRIMSHAW et al. (1977) beträgt der Tagesbedarf an Fleischprotein 0,58 g/kg KM, an Sojaprotein 0,75 g/kg KM und an Weizenprotein 0,96 g/kg KM.

Bei der Ratte ermittelten SAID und HEGSTED (1969) einen täglichen Proteinbedarf von 1,1 g/kg KM mit Lactalbumin, von 1,9 g/kg KM mit Kasein und von 1,8 g/kg KM mit Sojaprotein als Stickstofflieferant. Der Proteinbedarf des Hundes liegt nach MELNICK und COWGILL (1937) bei 1,2 g/(kg KM x Tag) mit Lactalbumin bzw. bei 1,6 g/(kg KM x Tag) mit Kasein als Proteinquelle. CARR et al. (1977) gaben einen Stickstoffbedarf von 246 mg/(kg KM^{0,75} x Tag) für das Schwein an, das entspricht etwa 0,4 g Protein/(kg KM x Tag).

Für den erwachsenen Rhesusaffen ermittelten ROBBINS und GAVAN (1966) in Bilanzstudien bei vergleichsweise niedriger Energiezufuhr einen Proteinbedarf von 2,5 g/(kg KM x Tag). Bei höherer Energiezufuhr wäre aber ein geringerer Bedarf zu erwarten. RIOPELLE et al. (1974) fütterten erwachsene Rhesusaffen mit proteinarmen Diäten. Der Proteinbedarf dürfte

in dieser Studie, beurteilt nach Körpergewichtsentwicklung, Serumalbumingehalt und dem Verhältnis von freien nichtessentiellen zu essentiellen Aminosäuren im Plasma, etwas über 2 g/(kg KM x Tag) liegen. 1 g Protein/(kg KM x Tag) reichten jedoch aus, die Tiere bei mäßigen Gewichtsverlusten in gutem Gesundheitszustand zu halten.

Bei Neuweltaffen wurde im allgemeinen ein hoher Proteinbedarf vermutet, unter anderem, weil ihre Nahrung in freier Wildbahn zu einem großen Teil aus Insekten besteht (PORTMAN, 1970; GARCIA, 1976). Untersuchungen von AUSMAN et al. (1979), die bei jungen Totenkopffaffen eine außergewöhnlich schlechte Proteinverwertung feststellten, weisen sogar auf Besonderheiten im Proteinstoffwechsel hin, die einen ungewöhnlich hohen Proteinbedarf zur Folge haben. Der Proteinbedarf erwachsener Kapuzineraffen mit Lactalbumin als Proteinquelle wurde von AUSMAN und HEGSTED (1980) mit 1,5 g/(kg KM x Tag) angegeben. Erwachsene Totenkopffaffen haben nach Angaben von NICOLosi und HUNT (1979) einen täglichen Proteinbedarf von 4 g/kg KM.

Speziell über den Proteinbedarf von Krallenaffen liegen wenige Angaben vor. Nach Beobachtungen im Zoo von Jersey hatten erwachsene Weißbüschelaffen (*Callithrix jacchus*) einen täglichen Proteinverzehr von 1,8 g, was etwa 4,5 g/kg KM entspricht; erwachsene Lisztaffen (*Saguinus oedipus*) hatten einen täglichen Proteinverzehr von 2,0 g, was etwa 4,4 g/kg KM entspricht (KING, 1975). SCHOEN (1982) verfütterte an Krallenaffen der Spezies *Callithrix jacchus* und *Saguinus fuscicollis* Diäten mit einem Proteingehalt von 24%, 18% und 12%, wobei Lactalbumin als Proteinquelle diente. Weder die Gewichtsentwicklungen noch Blutparameter, Reproduktion, Morbidität und Mortalität zeigten signifikante Unterschiede bei Verfütterung der verschiedenen Diäten. Damit dürfte der Proteinbedarf dieser beiden Spezies nicht über 5 g/(kg KM x Tag) liegen. In Versuchen, die LEHMANN (1984) mit Tieren der Spezies *Saguinus fuscicollis* durchführte, bewirkte

die Verfütterung einer Diät mit 6% Protein, wobei mit Methionin ergänztes Kasein als Proteinquelle diente, kaum Veränderungen der Blutparameter gegenüber einer Diät mit höherem Proteingehalt. SAPPL (1984) ermittelte in Stickstoffbilanzversuchen den Proteinbedarf zweier Tiere der Spezies *Callithrix jacchus*. Der von ihm ermittelte tägliche Proteinbedarf der beiden Affen betrug 2,0 und 2,8 g/kg KM bei Molkenproteinkonzentrat, 1,6 und 2,4 g/kg KM bei mit Methionin ergänztem Sojaproteinkonzentrat und 2,2 und 2,1 g/kg KM bei mit Methionin ergänztem Kasein als Proteinquelle.

Ein Vergleich des Proteinbedarfs von Lebewesen verschiedener Spezies und unterschiedlicher Größe sollte immer mit der metabolischen Körpergröße $\text{kg Körpermasse}^{0,75}$ als Bezugsgröße erfolgen (ERBERSDOBLER, 1981). Leider wird aber der Proteinbedarf überwiegend bezogen auf kg Körpermasse angegeben, und es ist oft nicht möglich, mit Hilfe der angegebenen Daten auf den Bedarf pro $\text{kg KM}^{0,75}$ umzurechnen. Nachdem nun in diesem Kapitel die Bedarfsangaben bezogen auf kg KM erfolgten, wird in Kapitel 4 (Diskussion) der Proteinbedarf pro $\text{kg KM}^{0,75}$ angegeben und diskutiert.

2.2 Aminosäurenbedarf

Schon OSBORNE und MENDEL (1916) erkannten die Essentialität einiger Aminosäuren und die Tatsache, daß sowohl zum Wachstum als auch zur Erhaltung bestimmte Aminosäuren, die vom Körper nicht oder nur unzureichend synthetisiert werden, benötigt werden. Erst nachdem die letzte der essentiellen Aminosäuren, das Threonin, isoliert und identifiziert wurde, war es jedoch möglich, bedarfsdeckende Diäten ohne Protein, nur mit Mischungen aus Aminosäuren, zu verabreichen und damit genaue Bedarfsstudien durchzuführen.

1937 veröffentlichte ROSE die Liste der zehn für die wachsende Ratte essentiellen Aminosäuren: Arginin, Histidin, Isoleucin, Leucin, Lysin, Methionin, Phenylalanin, Threonin, Tryptophan und Valin. Essentiell für die erwachsene Ratte sind nach WOLF und CORLEY (1939), BENDITT et al. (1947) und FRAZIER et al. (1947) die gleichen Aminosäuren mit Ausnahme des Arginins. Das Gleiche gilt für den erwachsenen Hund (ROSE und RICE, 1939). Für den erwachsenen Menschen sind nach ROSE (1949) nur acht Aminosäuren essentiell, nämlich Isoleucin, Leucin, Lysin, Methionin, Phenylalanin, Threonin, Tryptophan und Valin, nicht aber Histidin, was von SWENDSEID und DUNN (1956) bestätigt werden konnte.

Während diese acht Aminosäuren anscheinend für alle erwachsenen Monogastrier essentiell sind, scheinen bei der Essentialität von Histidin und Arginin Speziesunterschiede zu bestehen. Es liegen aber auch unterschiedliche Angaben für die gleiche Spezies vor. Die Essentialität von Histidin für die erwachsene Ratte konnte außer in den bereits erwähnten Studien auch in Untersuchungen von WISSLER et al. (1948), NASSET und GATEWOOD (1954) und MOORE und WILSON (1957) gezeigt werden. Während Arginin für die erwachsene Ratte im allgemeinen als nichtessentiell gilt, stellten WISSLER et al. (1948) eine Verzehrsdepression bei argininfreier Diät fest, was eine typische Erscheinung bei Mangel an einer essentiellen

len Aminosäure ist (ROGERS und LEUNG, 1973). BURNS et al. (1981) fanden bei Zwangsfütterung erwachsener Hunde mit argininfreier Diät pathologische Erscheinungen, woraus sie die Essentialität von Arginin ableiteten. Eine Stoffwechselbesonderheit liegt bei der Katze vor. Sie ist nicht in der Lage, Ornithin zu synthetisieren und erleidet daher bei argininfreier Diät eine Ammoniakvergiftung (MORRIS und ROGERS, 1978). Auch die in den Untersuchungen von ROSE et al. (1951, 1954a) und SWENDSEID und DUNN (1956) festgestellte Nichtessentialität von Histidin und Arginin für den erwachsenen Menschen ist inzwischen umstritten. In diesen Studien wurde der Aminosäurenbedarf in Kurzzeitbilanzversuchen ermittelt. Kurzfristiger Mangel an Histidin kann möglicherweise durch den Abbau von Hämoglobin ausgeglichen werden, so daß sich ein Histidinmangel unter Umständen erst bei langdauernden Bilanzversuchen niederschlagen würde (NASSET und GATEWOOD, 1954). In Untersuchungen von KOPPLE und SWENDSEID (1975) wurde Histidin in N-Bilanzstudien für essentiell befunden. ANDERSON et al. (1977) und CHO et al. (1977) stellten die Essentialität von Histidin durch N-Bilanzstudien und Untersuchungen der Plasmaamino säurenspiegel fest. KOFRANYI et al. (1969) fanden bei Personen, die eine histidin- und argininfreie Diät erhielten, einen Anstieg der Leberenzyme, der auf eine Leberzellschädigung schließen ließ. Nicht essentiell sind die sogenannten Sparamino säuren Cystin und Tyrosin. Cystin kann aber einen Teil des Methionins und Tyrosin einen Teil des Phenylalanins in der Diät ersetzen, d.h. der Bedarf an Methionin wird durch Cystin, der Bedarf an Phenylalanin wird durch Tyrosin in der Diät gesenkt (ROSE und WIXOM, 1955a; ROSE und WIXOM, 1955b; LEVERTON et al., 1956d).

Der quantitative Aminosäurenbedarf des wachsenden und ausgewachsenen Organismus ist verschieden. Das Wachstum erfordert andere Proportionen der essentiellen Aminosäuren als die Erhaltung. Beim erwachsenen Tier oder Menschen fällt der Bedarf zur Keratinsynthese mengenmäßig mehr ins Gewicht, so daß der Anteil der schwefelhaltigen Aminosäuren am Gesamtbedarf höher ist als beim wachsenden Tier oder Menschen. Unterschiedliche Keratinsynthese führt auch zu Bedarfsunterschieden zwischen verschiedenen Spezies unterschiedlicher Behaarung (MITCHELL, 1962).

Vergleicht man die Bedarfsangaben für eine Spezies, so stellt man zum Teil erhebliche Unterschiede fest. Hierfür können die geringe Anzahl der Probanden bei teilweise erheblichen individuellen Schwankungen oder verschiedene Kriterien bei der Auswertung der N-Bilanzen zur Bedarfsbestimmung maßgebend sein, wie bei ROSE (1949) und LEVERTON et al. (1956a-e, siehe Kap. 2.5). Daneben gibt es zahlreiche Faktoren, die die Stickstoffbilanz, und damit den Bedarf an essentiellen Aminosäuren, beeinflussen, z.B. die Stickstoffaufnahme, die Energieaufnahme, die Aufnahme an essentiellen Aminosäuren, psychische Faktoren, Alter der Versuchspersonen oder -tiere (HARTSOOK und MITCHELL, 1956; TUTTLE et al., 1957; FISHER et al., 1974; BALDWIN und GRIMINGER, 1976).

In Tabelle 1 sind Bedarfswerte für erwachsene Ratten und Menschen aufgeführt. Die zum Teil ganz erheblichen Unterschiede zwischen den Bedarfsangaben für junge Frauen von LEVERTON et al. (1956a-e) und FISHER et al. (1974) beruhen wahrscheinlich zum großen Teil auf Unterschieden im Stickstoffgehalt und im Gehalt an essentiellen Aminosäuren der Versuchsdäten. Die Angaben für Methionin und Phenylalanin beschreiben den Bedarf, wenn kein Cystin bzw. Tyrosin aufgenommen wurde. Nach ROSE und WIXOM (1955a, 1955b) kann Cystin den Methioninbedarf zu 80 bis 89%, Tyrosin den Phenylalaninbedarf zu 70 bis 75% decken.

Tab. 1

BEDARF DER ERWACHSENEN RATTE UND DES ERWACHSENEN MENSCHEN
AN ESSENTIELLEN AMINOSÄUREN (in mg pro kg $KM^{0,75}$ und Tag)

	Ratte			Mann			Frau		
	1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)	8)	9)
Histidin	20	7	14	22	0	0	0		
Isoleucin	121	30	49	47	29	21	5		
Leucin	61	16	20	44	45	29	7		
Lysin	35	4	10	34	33	23	2		
Methionin	50	40	34	43	45	26	7		
Phenylalanin	29	18	16	53	45	37	19		
Threonin	48	20	33	46	21	14	9		
Tryptophan	17	4	8	10	10	7	2		
Valin	66	18	31	47	33	30	9		

- 1) BENDITT et al. (1950), Bedarfsangaben umgerechnet von SMITH und JOHNSON (1967)
- 2) NASSET (1957)
- 3) SMITH und JOHNSON (1967)
- 4) SAID und HEGSTED (1970)
- 5) ROSE (1949), Bedarfsangaben in mg/kg $KM^{0,75}$ umgerechnet, ausgehend von einer mittleren Körpermasse der Versuchspersonen von 70 kg
- 6) LEVERTON et al. (1956a-e)
SWENDSEID und DUNN (1956)
REYNOLDS et al. (1958)
JONES et al. (1956)
Bedarfsangaben in mg/kg $KM^{0,75}$ umgerechnet, ausgehend von einer mittleren Körpermasse der Versuchspersonen von 60 kg
- 7) FISHER et al. (1974)
Bedarfsangaben in mg/kg $KM^{0,75}$ umgerechnet, ausgehend von einer mittleren Körpermasse der Versuchspersonen von 60 kg

2.3. Einfluß des unspezifischen Stickstoffs auf die N-Bilanz

Unspezifischer Stickstoff ist der Stickstoff, der dem Körper zur Synthese nichtessentieller Aminosäuren zur Verfügung steht und in den eingesetzten Mengen nicht toxisch ist. Es kann sich um Stickstoff aus nichtessentiellen, überschüssigen essentiellen Aminosäuren oder aus Stoffen wie Harnstoff oder Diammoniumcitrat handeln (KIES, 1972).

Bei der Aufnahme von Proteinen mit einem hohen Anteil an essentiellen Aminosäuren verwendet der Körper einen gewissen Anteil der essentiellen Aminosäuren zur Synthese nichtessentieller Aminosäuren. Deshalb kann man in vielen Fällen bei solchen Proteinen einen Teil der essentiellen Aminosäuren durch unspezifischen Stickstoff ersetzen, ohne die Proteinqualität zu vermindern. KOFRANYI und JEKAT (1964) verdünnten Eiprotein, bei gleichbleibender Stickstoffzufuhr in Höhe des für Eiprotein ermittelten Minimalbedarfs, um bis zu 67% mit Glutaminsäure und Diammoniumcitrat, ohne daß sich die Stickstoffbilanz der Versuchspersonen verringerte. SCRIMSHAW et al. (1966) konnten, bei einer Stickstoffzufuhr ebenfalls in Höhe des Erhaltungsbedarfs, Eiprotein zu 30% mit Glycin und Diammoniumcitrat ersetzen, ohne daß es zu einer Veränderung der Stickstoffbilanz der Versuchspersonen kam. Milchprotein konnte in Versuchen von KOFRANYI und JEKAT (1964) um 10% bis 15%, in Versuchen von SCRIMSHAW et al. (1969) um 20% verdünnt werden, ohne daß sich die Stickstoffausscheidung der Versuchspersonen erhöhte.

Durch Zulage von unspezifischem Stickstoff zu einer Diät wird in vielen Fällen die N-Retention erhöht und damit der Bedarf an essentiellen Aminosäuren verringert (ROSE et al., 1949; RAMA RAO et al., 1960; SNYDERMAN et al., 1962; CLARK et al., 1963; KIES et al., 1965; CLARK et al., 1967; GARZA et al., 1978). Bei der Bestimmung des Bedarfs an essentiellen Aminosäuren ist also auf eine ausreichende Zufuhr an unspezifischem

Stickstoff zum Aufbau nichtessentieller Aminosäuren zu achten, da sonst der Bedarf überschätzt wird. Eine Erhöhung der Zufuhr kann die N-Bilanz aber auch negativ beeinflussen. So trat bei jungen Ratten mit steigender Glycinzulage zu einer Kaseindiät eine zunehmende Wachstumsdepression auf (RAMA RAO et al., 1960) und bei älteren Menschen erniedrigte sich die Stickstoffbilanz durch Zulage von Glycin und Diammoniumcitrat zu einer Eiroteindiät (TUTTLE et al., 1959). Die Wirkung einer Zulage unspezifischen Stickstoffs hängt von vielen Faktoren ab, wie Menge und Muster der essentiellen Aminosäuren, Quelle des unspezifischen Stickstoffs und Höhe der Zufuhr an Gesamtstickstoff (CLARK et al., 1967; KIES, 1972).

In zahlreichen Versuchen wurde über weite Bereiche ein Anstieg der N-Retention mit steigendem Gehalt an essentiellen Aminosäuren bei gleichbleibendem Stickstoffgehalt der Diäten festgestellt (KIES und LINKSWILER, 1965; CLARK et al., 1967; ROMO und LINKSWILER, 1967; MATSUNO et al., 1976). Der Anstieg der N-Bilanz mit steigendem Aminosäurenanteil, selbst bei hohen Anteilen an essentiellen Aminosäuren (über 50%), kann möglicherweise dadurch erklärt werden, daß sich die essentiellen Aminosäuren besser als Quelle unspezifischen Stickstoffs eigneten, d.h. effektiver zum Aufbau nichtessentieller Aminosäuren verwendet wurden, als die eingesetzten nichtessentiellen Stickstofflieferanten. Ungünstigere Stickstoffbilanzen als bei vermutlich ausgeglichenem Verhältnis von essentiell zu nichtessentiell Stickstoff in der Diät können sich aber ergeben, wenn der gesamte Stickstoff aus essentiellen Aminosäuren bezogen wird (ROSE et al., 1948; FROST et al., 1951; STUCKI und HARPER, 1963; MATSUNO et al., 1976). Hierfür ist möglicherweise eine Art Überlastung bestimmter Stoffwechselwege verantwortlich.

Wie bereits erwähnt, werden nicht alle stickstoffhaltigen Substanzen als Lieferanten des unspezifischen Stickstoffs im Rahmen der Proteinsynthese vom Körper gleich gut genutzt. Im allgemeinen eignen sich Mischungen aus nichtessentiellen Aminosäu-

ren nach dem Muster eines hochwertigen Proteins besser als einzelne Substanzen (RAMA RAO et al., 1960; ROMO und LINKS-WILER, 1969; TUTTLE et al., 1965; ANDERSON et al., 1969; SCRIMSHAW et al., 1969). Die häufigsten, beim Monogastrier eingesetzten Stickstofflieferanten sind Glutaminsäure, Glycin und Diammoniumcitrat. SWENDSEID et al. (1960) stellten fest, daß eine Mischung aus Glycin und Diammoniumcitrat sich beim Menschen ebensogut zur Aufrechterhaltung des N-Gleichgewichts eignete wie eine Mischung aus nichtessentiellen Aminosäuren. YOSHIKAWA et al. (1973) fanden Diammoniumcitrat bei der Ratte genauso wirkungsvoll wie Glutaminsäure. Eine Mischung aus Glycin und Diammoniumcitrat war in Untersuchungen von ANDERSON (1969) beim Menschen genauso effektiv wie eine Mischung aus Glycin, Diammoniumcitrat und Glutaminsäure.

2.4. Einfluß der Energiezufuhr auf die Stickstoffbilanz

Neben der Proteinaufnahme hat auch die Energiezufuhr einen deutlichen Einfluß auf die N-Bilanz. Durch Steigerung der Energiezufuhr wird die N-Retention erhöht, durch Energierestriktion erniedrigt (MUNRO und NAISMITH, 1953; ROSENTHAL und ALLISON, 1956; KISHI et al., 1978). Die Energie hat damit einen proteinsparenden Effekt (MUNRO, 1951; CALLOWAY und SPECTOR, 1954). Dieser Spareffekt wird einesteils dadurch bewirkt, daß bei höherer Energiezufuhr weniger Protein zur Energiegewinnung verwendet wird (ROSENTHAL und ALLISON, 1956; BOORMAN, 1980), andernteils stimulieren Kohlenhydrate die Insulinfreisetzung, wodurch verstärkt Muskeleiweiß aufgebaut wird und sich so der Netto-Proteinkatabolismus verringert (FULLER et al., 1977).

Wenn Protein und Energie in Bedarfsnähe verabreicht werden, ist bei konstanter Proteinaufnahme die N-Bilanz linear von der Energieaufnahme abhängig (MUNRO und NAISMITH, 1953; GARZA et al., 1976; YOSHIMURA et al., 1982). Die proteinsparende Wirkung der Energie betrug unter diesen Bedingungen in verschiedenen Versuchen mit Menschen und Ratten zwischen 1 und 3 mg N/kcal (LEVERTON et al., 1951; ANDERSON et al., 1969; INOUE et al., 1973; CALLOWAY, 1975; GARZA et al., 1976; KISHI et al., 1978; YOSHIMURA et al., 1982).

Der proteinsparende Effekt ist nicht in allen Bereichen der Protein- und Energiezufuhr gleich. Bei angemessener Proteinaufnahme hat die Energieaufnahme einen größeren Einfluß auf die N-Retention als bei Proteinmangel (MUNRO und NAISMITH, 1953; KISHI et al., 1978). Energiezulage bei Energiedefizit spart mehr Stickstoff als Energiezulage bei ausreichender Energieversorgung (CALLOWAY, 1975).

Auch die Energiequelle hat Einfluß auf die N-Retention. Durch ihre insulinfreisetzende Wirkung haben Kohlenhydrate eine höhere proteinsparende Wirkung als Fette. So war bei jungen

Männern mit isokalorischen Diäten gleichen Proteingehalts eine höhere N-Retention zu verzeichnen, wenn das Verhältnis von Energie aus Kohlenhydraten zu Energie aus Fett 2:1 war, als wenn es 1:1 war (RICHARDSON, 1979).

Bei Stickstoffversorgung durch eine entsprechende Aminosäurenmischung anstelle des Proteins wurde in manchen Fällen ein höherer Energiebedarf zur Aufrechterhaltung des N-Gleichgewichts beobachtet als bei Zufuhr intakten Proteins (ROSE et al., 1954b; AHRENS et al., 1966; ANDERSON et al. 1969).

2.5. Protein- und Aminosäurenbedarfsermittlung durch Stickstoffbilanzstudien

Die N-Bilanzmethode ist eine der gebräuchlichsten Methoden, den Protein- bzw. Aminosäurenbedarf erwachsener Lebewesen zu bestimmen. Hierbei wird der theoretische Stickstoffansatz im Körper als N-Aufnahme minus N-Ausscheidung durch Kot und Urin bestimmt. Stickstoffverluste über die Körperoberfläche (Haare, Schweiß und Epithelabschilferungen) bleiben unberücksichtigt oder gehen als Pauschalbetrag mit in die Berechnung ein. Der durchschnittliche Stickstoffgehalt der Körperproteine beträgt 16%. Um den Proteinansatz zu erhalten, wird der Stickstoffansatz mit 6,25 multipliziert. Die Stickstoffbilanz beschreibt den Gesamtstatus der N-Retention. Sie ist die Summe der Stickstoffanreicherungen und -verluste, sagt aber nichts über etwaige Stickstoffverschiebungen innerhalb des Körpers aus (ALLISON, 1951).

Bei ausreichender Proteinzufuhr befindet sich der erwachsene Körper normalerweise im Bilanzgleichgewicht, d.h. die Höhe der Stickstoffausscheidung ist gleich der Höhe der Stickstoffaufnahme. Die Stickstoffretention ist gleich null. Einer veränderten Stickstoffzufuhr paßt sich der Organismus an, indem er seine Stickstoffausscheidung so verändert, daß ein neues Gleichgewicht erreicht wird (MUNRO, 1964; WATERLOW, 1968; KOFRANYI, 1980). Unterhalb einer bestimmten Höhe der Stickstoffzufuhr, dem N-Bilanzminimum, ist der Organismus nicht mehr in der Lage, das N-Gleichgewicht aufrecht zu erhalten. Die N-Ausscheidung überwiegt die N-Aufnahme und der Körper verarmt damit an Stickstoff (KOFRANYI, 1980).

Die Anpassung des Körpers an eine veränderte Proteinzufuhr dauert in der Regel nicht länger als 11 Tage, danach sind die Stickstoffausscheidungen konstant (RAND et al., 1976; KOFRANYI, 1980; KROMMER, 1984). Bei N-Bilanzversuchen muß daher eine Phase zur Adaptation des Körpers an eine veränderte Diät eingeplant werden, um eine konstante Stickstoffausscheidung in der

anschließenden Bilanzperiode zu erzielen. In der Bilanzperiode wird die Nahrungsaufnahme gemessen und es werden die Ausscheidungen quantitativ gesammelt. Von Futter, Harn und Kot wird der Stickstoffgehalt bestimmt, um die N-Bilanz berechnen zu können. Da die Stickstoffausscheidung täglichen Schwankungen unterworfen ist, muß die Bilanzperiode lang genug sein, um einen guten Mittelwert der täglichen Ausscheidungen zu liefern (RAND et al., 1981).

Nach ALBANESE (1959) steigt die N-Bilanz bei Proteinzufuhr unterhalb des Bedarfs linear mit der N-Aufnahme. Erreicht die Stickstoffaufnahme den Bedarfswert, so stellt sich beim ausgewachsenen, nicht depletierten Organismus ein Gleichgewicht zwischen Stickstoffausscheidung und -aufnahme ein. In Versuchen von KISHI et al. (1978), RAND et al. (1981) und YOUNG et al. (1984) stieg die N-Bilanz linear mit der Stickstoffaufnahme bei Stickstoffzufuhr im Bereich des Erhaltungsbedarfs. Durch lineare Regression der N-Bilanz auf die N-Aufnahme bei N-Aufnahme unterhalb bzw. im Bereich des Erhaltungsbedarfs kann somit das N-Bilanzminimum ermittelt werden. Es handelt sich dabei um den x-Wert des Schnittpunkts der Regressionsgeraden mit der x-Achse. Das N-Bilanzminimum ist die zur Erhaltung der Stoffwechselfunktionen benötigte Stickstoffzufuhr. Es stellt den minimalen Stickstoffbedarf dar.

Soll der Bedarf an einer essentiellen Aminosäure ermittelt werden, so wird eine Diät verabreicht, die bedarfsdeckende Mengen an Stickstoff und allen essentiellen Aminosäuren, außer der, deren Bedarf bestimmt werden soll, enthält. Diese wird der Diät in unterschiedlicher Höhe zugelegt. In den klassischen Bedarfsstudien von ROSE (1949) war eine deutlich positive Stickstoffbilanz das Kriterium für die Bedarfsangaben. Eine "Zone des Gleichgewichts", d.h. eine Stickstoffausscheidung zwischen 95% und 105% der Stickstoffaufnahme dienten LEVERTON et al. (1951a-e) in ihren Bedarfsstudien als Kriterium einer bedarfsdeckenden Aminosäurezufuhr. HEGSTED (1963) schlug vor, den Aminosäurenbedarf, analog zum Proteinbedarf, durch lineare Regression der N-Bilanz auf die Aminosäureauf-

nahme zu bestimmen.

Durch mehrere Untersuchungen wird die Genauigkeit der N-Bilanzmethode in Frage gestellt. Bilanzversuche mit erwachsenen Versuchspersonen und -tieren ergaben oft eine kumulierende N-Retention, ohne daß eine Zunahme des Körpergewichts beobachtet wurde (MITCHELL, 1949; FISHER et al., 1967; STEFFEE et al., 1976; ODDOYE und MARGEN, 1979). Dies widerspricht der allgemeinen Auffassung, daß die Körperzusammensetzung gut genährter Erwachsener bei konstantem Körpergewicht gleich bleibt (HEGSTED, 1976). Bei Vergleichen von Tierkörperanalysen mit den Ergebnissen aus Bilanzversuchen ergaben sich zum Teil erheblich geringere tatsächliche Stickstoffretentionen als im N-Bilanzversuch ermittelt (RÖSSNER, 1955; NEHRING, 1957; LIN und HUANG, 1982). Nach MITCHELL (1949) sind solche scheinbaren N-Retentionen auf Keratinisierungsprozesse und Stickstoffverluste über die Körperoberfläche zurückzuführen. Stickstoffverluste durch Haarausfall, Epithelabschilferungen und Schweiß können, wenn sie nicht entsprechend berücksichtigt werden, zu überhöhten N-Bilanzen führen (MITCHELL und EDMAN, 1962; ISAKSSON und SJÖGREN, 1967). WALLACE (1959) macht kumulierende Fehler in der Methodik für falsch positive Bilanzen verantwortlich. Die Stickstoffaufnahme wird für gewöhnlich überschätzt, die Stickstoffausscheidung unterschätzt. Da die Stickstoffbilanz im Verhältnis zur N-Aufnahme gering ist, wird sie durch diese Fehler relativ stark überhöht. Nitrat und Nitrit, die durch die in Bilanzstudien übliche Kjeldahlmethode nicht erfaßt werden, werden vom Körper nicht in ausreichendem Maße gebildet, um für die Diskrepanzen zwischen N-Bilanz und tatsächlicher N-Retention verantwortlich zu sein (TANNENBAUM et al., 1978; KURZER und CALLOWAY, 1981). COSTA (1960) stellte die Hypothese auf, daß mit der Nahrung aufgenommener Stickstoff als molekularer Stickstoff über die Lunge eliminiert wird. Studien von COSTA et al. (1968), DUDKA et al. (1971), CISSIK et al. (1972) und MUYSERS et al. (1974) scheinen diese Annahme zu untermauern.

Bei sorgfältiger Versuchsdurchführung können mit der N-Bilanzmethode aber durchaus zuverlässige Ergebnisse erzielt werden, wie gute Übereinstimmungen von errechneter N-Retention und durch Ganzkörperanalysen ermittelter N-Retention in Untersuchungen von BECKER und HARNISCH (1958), SANSLO-NE und SQUIBB (1962) und NEERGARD (1981) zeigen.

3. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

3.1. Material und Methoden

3.1.1. Versuchstiere und Haltungsbedingungen

Als Versuchstiere dienten erwachsene, männliche Neuweltaffen der Spezies *Callithrix jacchus* aus der Zuchtkolonie des Max von Pettenkofer-Instituts, München. Alle Tiere waren in Gefangenschaft geboren.

Die einzelnen Tiere waren:

Isidor	bei Versuchsbeginn 42 Monate alt
Habakuk	bei Versuchsbeginn 23 Monate alt
Vergil	bei Versuchsbeginn 23 Monate alt
Bodo	bei Versuchsbeginn 32 Monate alt
Dino	bei Versuchsbeginn 23 Monate alt
Django	bei Versuchsbeginn 22 Monate alt

Während der gesamten Versuchsdauer, die für die einzelnen Tiere zwischen 6 und 19 Wochen betrug, wurden sie einzeln in Stoffwechselkäfigen gehalten.

Die Stoffwechselkäfige (Stoffwechselkäfige für Marmosets, Fa. Techniplast, Gazzada, Italien) sind 37 cm breit, 39 cm tief und 51 cm hoch. Sie sind mit einer Sitzstange, einem Schlupfkasten mit Maschendrahtboden, einer Wasserflasche und einem Futterbehälter ausgestattet. Der Boden der Käfige besteht aus Maschendraht, durch den Kot, Harn und fallengelassene Futterpellets in eine Polyesterwanne gelangen und in das Trennsystem weitergeleitet werden.

Kot und Pellets werden zusammen in einer Schale, Harn in einer 100 ml fassenden Plastikflasche aufgefangen. Die Trennung des Harns von Kot und Pellets erfolgt gut. Die Stoffwechselkäfige sind bei SAPPL (1984) ausführlich beschrieben. Die Affen wurden in einem fensterlosen Raum gehalten, dessen künstliche Beleuchtung im 12-Stunden-Rhythmus erfolgte. Die in den Stoffwechselkäfigen erreichte Lichtintensität war 500 Lux. Der Raum war klimatisiert, die Temperatur betrug

konstant 24°C, die relative Luftfeuchtigkeit zwischen 55% und 60%.

3.1.2. Versuchsplanung und Versuchsdurchführung

Es wurden drei Versuche durchgeführt.

In Versuch 1 sollte ermittelt werden, ob Methionin oder eine andere essentielle Aminosäure in Sojaprotein limitierend ist, um daraus Anhaltspunkte für den Aminosäurenbedarf der Tiere zu erhalten. Dazu wurden Methionin (M) bzw. eine Mischung aus essentiellen Aminosäuren (EAS) zu einer halb-synthetischen Diät mit Sojaproteinkonzentrat als Proteinquelle zugelegt. Es wurde eine Proteinkonzentration von 6% in den Diäten gewählt, da gemäß der Untersuchungen von SAPPL (1984) bei diesem Proteingehalt eine ausgeglichene Stickstoffbilanz der Tiere erwartet werden kann.

Die drei Versuchsdiäten von Versuch 1 waren:

1. Diät 6S, eine Diät mit 6% Rohprotein aus einem Sojaproteinkonzentrat.
2. Diät 6S+M, eine Diät mit 6% Rohprotein aus Sojaproteinkonzentrat plus einer Methioninzulage in Höhe von 1,7% des Proteingehalts.
3. Diät 6S+EAS, eine Diät mit 6% Rohprotein, die Sojaproteinkonzentrat und eine Aminosäurenmischung enthielt. Die Aminosäurenmischung enthielt Methionin in Höhe der Methioninzulage der Diät 6S+M und entsprach in ihrem Muster an essentiellen Aminosäuren, einschließlich Histidin und Arginin, dem Eiprotein.

Dieser Versuch wurde mit den drei Affen Isidor, Habakuk und Vergil durchgeführt.

In den Versuchen 2 und 3 wurden als Stickstofflieferanten statt Protein einzelne Aminosäuren und Diammoniumcitrat eingesetzt.

In Versuch 2 sollte das Stickstoffbilanzminimum bei Verfütterung von Diäten, deren Gehalt an essentiellen Aminosäuren und Gesamtstickstoff dem des Eiweißes entsprach, ermittelt werden. Die verfütterten Diäten hatten einen Stickstoffgehalt, der einem Proteingehalt von 7% (Diät 7/7), 5% (Diät 5/5) und 3% (Diät 3/3) entspricht, wobei der Proteingehalt als N-Gehalt $\times 6,25$ berechnet wurde. Das Verhältnis von N aus essentiellen Aminosäuren, einschließlich Histidin und Arginin, zu Gesamtstickstoff war 0,48.

In Versuch 3 sollte ermittelt werden, ob der Gehalt an nicht-essentiellen Stickstoff und Methionin in den Diäten aus Versuch 2 limitierend ist.

Es wurde eine Diät verfüttert, die im Gehalt an essentiellen Aminosäuren der Diät 3/3, im Gesamtstickstoffgehalt aber der Diät 7/7 entsprach (Diät 3/7). Das Verhältnis von N aus essentiellen Aminosäuren zu Gesamt-N der Diät war somit 0,21. Die Diät 3/7+M entsprach der Diät 3/7, war aber mit 0,12% Methionin supplementiert, so daß sie den gleichen Methionin-gehalt wie Diät 7/7 hatte.

Außerdem sollte in Versuch 3 bestimmt werden, ob Histidin und Arginin für den erwachsenen *Callithrix jacchus* essentiell sind. Dazu wurde eine Diät verfüttert, die der Diät 7/7 aus Versuch 1 entsprach, Histidin (H) und Arginin (A) waren jedoch durch Glycin ersetzt (Diät 7/7-HA).

Die Versuche 2 und 3 wurden mit 4 Affen durchgeführt:
Isidor, Bodo, Dino und Django.

Den Affen wurden die verschiedenen Diäten in 14-tägigen Fütterungsperioden fortlaufend, ohne Unterbrechung, in folgender Reihenfolge vorgesetzt:

Isidor: 6S - 6S+M - 6S+EAS - 7/7 - 5/5 -
3/3 - 3/7 - 3/7+M - 7/7-HA

Habakuk, Vergil: 6S - 6S+M - 6S+EAS

Bodo, Dino, Django: 7/7 - 5/5 - 3/3 - 3/7 - 3/7+M -
7/7-HA

Vor Versuchsbeginn hatten alle Tiere eine Koloniediät¹⁾ mit 25% Proteingehalt erhalten.

Die 14-tägigen Fütterungsperioden bestanden aus einer 9-tägigen Vorperiode, in der sich der Stoffwechsel der Tiere an die neue Diät anpassen sollte, und einer 5-tägigen Hauptperiode, in der die Bilanzversuche durchgeführt wurden. Mit der Diät 6S+M wurde bei Isidor der 5-tägige Bilanzversuch zweimal durchgeführt, um die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse zu überprüfen.

Futter und Wasser standen den Tieren jederzeit ad libitum zur Verfügung.

Zu Beginn der Hauptperiode wurden etwa 300 g Futter in den Futterbehälter eingewogen. Fallengelassenes Futter wurde täglich eingesammelt. Um eine falsche Verzehrsbestimmung durch Trocknung des Futters während der Hauptperiode zu vermeiden, wurde der Trockensubstanzgehalt des eingewogenen Futters, des fallengelassenen Futters und des in der Futterschale übriggebliebenen Futters bestimmt, und der Trockensubstanzverzehr als Trockensubstanz (TS) des eingewogenen minus TS des übriggebliebenen minus TS des fallengelassenen Futters bestimmt.

Der Harn wird von den Tieren häufig und in kleinen Mengen abgesetzt. Um ein Eintrocknen des Harns und einen Stickstoffverlust durch flüchtigen Ammoniak zu verhindern, wurde der Urin während des Tages stündlich mit 0,5%iger Schwefelsäure in die Auffangflasche gespült. Die Auffangflasche mit dem verdünnten Harn wurde täglich gewechselt und bei -20°C gelagert.

Am Anfang und Ende jeder Hauptperiode wurden die Affen gewogen. Zu weiteren Berechnungen wurde der Mittelwert aus Anfangs- und Endgewicht verwendet.

¹⁾hergestellt im Institut für Physiologie, Physiologische Chemie und Ernährungsphysiologie der Tierärztlichen Fakultät der Universität München, Rezeptur weiterentwickelt nach FLURER (1981)

In allen Versuchen wurden N-Bilanzstudien, Verdaulichkeitsbestimmungen, Phosphorbilanzstudien und Kreatininbestimmungen im Harn durchgeführt. Außerdem wurde die Gewichtsentwicklung der Tiere verfolgt und ihr Verhalten beobachtet.

3.1.3. Zusammensetzung der Versuchsdiäten

In den Diäten des Versuchs 1 wurde als Proteinquelle Sojaproteinkonzentrat (Danpro A, Aarhus Oliefabrik, Dänemark) eingesetzt. Es handelt sich um ein hochwertiges pflanzliches Protein, dessen biologische Wertigkeit durch Methioninzulage angeblich erhöht werden kann (Produktinformation des Herstellers).

Für die Aminosäurenmischung der Diäten der Versuche 2 und 3 und der Diät 6S+EAS des Versuchs 1 wurden L-Aminosäuren, reinst (Fa. Serva, Heidelberg) verwendet. Als Vorlage diente das Muster der essentiellen Aminosäuren einschließlich Histidin und Arginin des Volleis nach SOUCI et al. (1981).

Nichtessentieller Stickstoff wurde den Diäten der Versuche 2 und 3 als Glycin und Diammoniumcitrat beigegeben. Glycin und Diammoniumcitrat können in den eingesetzten Konzentrationen gut vom Körper verwertet werden (SWENDSEID et al., 1960; WATTS et al., 1964; WATTS et al., 1965; YOSHI-ZAWA et al., 1973). Diammoniumcitrat hat außerdem einen diuretischen Effekt, wodurch das Sammeln des Harns erleichtert werden sollte. Der Stickstoffgehalt von Maisstärke (0,064%) und Cholinchlorid (10%) ging in die Berechnung der Diäten als nichtessentieller Stickstoff mit ein.

Als Kohlenhydratquellen dienten in Versuch 1 Saccharose, Glucose und Maisstärke, in den Versuchen 2 und 3 nur Saccharose und Maisstärke, um die Bildung von Maillardverbindungen (MAILLARD, 1913) zu vermeiden. Mit den Kohlenhydraten wurden die unterschiedlichen Proteinkonzentrationen ausgeglichen.

Der errechnete Rohfasergehalt betrug 4%. Als Rohfaserlieferant wurde Zellulose, die ca. 80% Rohfaser enthält, zugegeben.

Der Rohfasergehalt des Sojaproteinkonzentrats von ca. 4% ging in die Berechnung mit ein.

Die errechneten Mineralstoffkonzentrationen im Futter betrugen

in Versuch 1:

Ca 0,65%; P 0,55%; Mg 0,15%; Na 0,20%; K 0,80%; Cl 0,65%

in Versuch 2:

Ca 0,64%; P 0,51%; Mg 0,12%; Na 0,20%; K 0,88%; Cl 0,74%

Die Diäten wurden als Pellets mit einem Durchmesser von 5mm verfüttert. Sie wurden im Institut für Physiologie, Physiologische Chemie und Ernährungsphysiologie der Tierärztlichen Fakultät der Universität München hergestellt. Die Herstellung ist bei SCHOEN (1982) ausführlich beschrieben.

Die Zusammensetzung der Versuchsdiäten ist in den Tabellen 19 bis 23 (Anhang) angegeben.

3.1.4. Analytische Methoden

Probenvorbereitung und Trockensubstanzbestimmung

Zur Trockensubstanzbestimmung wurde das Futter in Glasschalen bei 105 °C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Der während der Hauptperiode gepoolte Kot wurde 5 Tage lang gefriergetrocknet. Auf Hitzetrocknung wurde verzichtet, da hierbei Stickstoffverluste auftreten können. Durch die lange Gefrieretrocknung trocknete der Kot nahezu vollständig, wie bei der Überprüfung durch nachträgliche Hitzetrocknung, bei der noch ein Wassergehalt von etwa 1% ermittelt wurde, zu erkennen war. Nach der Gefrieretrocknung und dem Wiegen wurde der Kot in einer wassergekühlten Mühle gemahlen und nochmals einige Stunden lyophilisiert, um die während des Mahlvorgangs gezogene Feuchtigkeit zu entfernen.

Die Harnproben einer Hauptperiode wurden gemeinsam filtriert und mit destilliertem Wasser auf 500 ml aufgefüllt, so daß

das "Tagesharnvolumen" 100 ml war. Zur Phosphorbestimmung wurden Futter- und Kotproben im Muffelofen bei 550°C verascht.

Stickstoffbestimmung

Die Stickstoffbestimmung wurde nach der von SCALES und HARRISON (1920) beschriebenen modifizierten Kjeldahlmethode durchgeführt. Futterpellets, lyophilisierter Kot und Harn wurden mit einem Gemisch aus konzentrierter Schwefelsäure und Phosphorsäure (Mischungsverhältnis 20:1) naß verascht, wobei ein Gemisch aus Kaliumsulfat und Selen (Kjel-tabs S 3.5, Tecator) als Katalysator diente. Laugenzugabe und Destillation in eine Borsäurevorlage erfolgten durch eine halbautomatische Apparatur (Kjeltec System II, Tecator). Titriert wurde mit 0,1normaler Schwefelsäure. In Abwandlung des von SCALES und HARRISON beschriebenen Verfahrens wurde Tashiroindikator verwendet. Alle Stickstoffbestimmungen wurden dreifach ausgeführt.

Phosphorbestimmung

Die Bestimmung des Phosphors in Futter und Kot erfolgte nach der von GERICKE und KURMIES (1952) beschriebenen Methode. Durch Kochen der Asche in einer Mischung aus verdünnter Salpeter- und Salzsäure wird der anorganische Phosphor in Phosphat überführt. Dieses bildet in salpetersaurer Lösung einen gelben Farbkomplex, dessen Extinktion bei einer Wellenlänge von 436 nm gemessen wird.

Auch die Phosphorbestimmung im Harn erfolgte durch Messung der Extinktion eines Farbkomplexes aus Phosphat, Molybdat und Vanadat. Es wurde eine im Handel erhältliche Testkombination (Test-Combination Phosphor, Phospholipide; Fa. Boehringer, Mannheim) verwendet und nach deren Arbeitsanleitung vorgegangen.

Kreatininbestimmung

Die Bestimmung des Kreatiningehaltes im Harn wurde mit einer Testkombination (Test-Combination Kreatinin; Fa. Boehringer, Mannheim) nach der Jaffé-Methode (JAFFE, 1886) durchgeführt. Kreatinin bildet in alkalischer Lösung mit Pikrat einen gelben Farbkomplex, dessen Extinktion bei einer Wellenlänge von 520 nm gemessen wird.

Alle photometrischen Bestimmungen wurden mit einem Spektralphotometer (PMQ II, Zeiss, Wetzlar) durchgeführt.

Bestimmung des Energiegehalts im Futter

Der physikalische Brennwert der Diäten wurde mit einem adiabatischen Bombenkalorimeter bestimmt. Hierzu wurden die getrockneten und gemahlenen Futterproben in Acetobutyratkapseln eingewogen.

3.1.5. Stickstoff- und Phosphorbilanz, Bilanzminimum, Verdaulichkeit

Die Stickstoff- und Phosphorbilanzen werden als N- bzw. P-Aufnahme minus N- bzw. P-Ausscheidung berechnet. Während bei Berechnung der Phosphorbilanz nur die Ausscheidungen über Kot und Harn berücksichtigt werden, gehen in die Berechnung der Stickstoffbilanz außerdem noch die N-Verluste über die Körperoberfläche ein. Sie werden auf 20 mg pro kg Körpermasse (KM)^{0,75} geschätzt (ERBERSDOBLER, 1976).

In Versuch 2 wurde das N-Bilanzminimum mit Hilfe der linearen Regression von N-Bilanz auf N-Aufnahme ermittelt. Der x-Wert des Schnittpunktes der Regressionsgeraden mit der x-Achse ergibt den minimalen Stickstoffbedarf zur Aufrechterhaltung des N-Gleichgewichts.

Die Verdaulichkeit der Futtertrockensubstanz
errechnet sich als

$$\frac{(TS_{\text{Futter}} - TS_{\text{Kot}}) \times 100}{TS_{\text{Futter}}} = \text{TS-Verdaulichkeit in \%}$$

Die scheinbare Proteinverdaulichkeit ergibt sich als

$$\frac{(N_{\text{Futter}} - N_{\text{Kot}}) \times 100}{N_{\text{Futter}}} = \text{scheinbare Protein-
verdaulichkeit in \%}$$

3.2. Ergebnisse

3.2.1. Allgemeinbefinden und Verhalten

Die sechs in den Versuchen eingesetzten Tiere zeigten während der gesamten Versuchsdauer keine Störungen des Allgemeinbefindens. Zu Beginn des Versuchs 1 wurde bei einem Tier eine respiratorische Erkrankung festgestellt. Es wurde sofort aus dem Versuch genommen und behandelt. Die Affen gewöhnten sich rasch an die Stoffwechselkäfige und wurden durch den ständigen Umgang mit dem Menschen recht zahm. Ihre Bewegungsaktivität in den Bilanzkäfigen war deutlich geringer als in den sonst gewohnten Gitterkäfigen. In Versuch 2 und 3 trat ab Diät 5/5 bei allen Tieren außer Bodo Koprophagie auf. Bei einem Tier (Dino) wurde während der Verfütterung der Diät 7/7-HA in Versuch 3 das Ablecken von Harn an der Präputialöffnung beobachtet.

3.2.2. Futtermverzehr, Energieaufnahme und Körpergewichtsentwicklung

Die Diäten des Versuchs 1 mit Sojaproteinkonzentrat als Proteinquelle wurden von allen Tieren gut akzeptiert. Der tägliche Futtertrockensubstanzverzehr lag in Versuch 1 zwischen 3% und 4% der Körpermasse (Tabellen 2 bis 4). Der Futtermverzehr in den Versuchen 2 und 3 war geringer als in Versuch 1. Die Diäten hatten einen nach menschlichem Empfinden bitteren Beigeschmack. Ein Affe verweigerte bei Versuchsbeginn die Aufnahme der Diät 7/7 völlig, so daß er nach dreitägigem Fasten und starkem Gewichtsverlust aus dem Versuch genommen wurde und wieder Koloniediät erhielt. Der tägliche Futtertrockensubstanzverzehr in den Versuchen 2 und 3 lag zwischen 2,5 und 3,6% der Körpermasse (Tabellen 5 bis 8). Es waren sowohl deutliche individuelle Unter-

schiede im Verzehr als auch eine unterschiedliche Aufnahme der einzelnen Diäten festzustellen. Bei allen Tieren war der absolute Futterverzehr bei der Diät 7/7-HA am geringsten. Außer Dino hatten alle Tiere auch einen deutlich geringeren Verzehr im Verhältnis zur Körpermasse als bei jeder anderen Diät. Bei Bodo war dieser Verzehrsrückgang am ausgeprägtesten. Er war während der gesamten Fütterungsperiode sehr unruhig und holte sich sehr oft Futter aus der Futterschale, das er dann aber sofort fallenließ. Der Verschleiß war 5 bis 8mal höher als bei den vorangegangenen Diäten.

Die tägliche Bruttoenergieaufnahme in Versuch 1 (Tabellen 2 bis 4 und 9 bis 11) lag zwischen 52 und 71 kcal pro Tier, was dem 1,7 bis 2,2fachen Ruhe-Nüchtern-Umsatz¹⁾ entsprach. In Versuch 2 lag die tägliche Energieaufnahme zwischen 50 und 70 kcal pro Tier, dem 1,7 bis 2fachen des Ruhe-Nüchtern-Umsatzes und in Versuch 3 zwischen 45 und 60 kcal pro Tier, dem 1,4 und 2fachen des Ruhe-Nüchtern-Umsatzes (Tabellen 5 bis 8 und 12 bis 15).

Die Körpergewichtsentwicklung während der Fütterungsperioden bzw. während der Hauptperioden ist in den Tabellen 9 bis 15 beschrieben und durch die Abbildungen 1 und 2 dargestellt. Meistens war die Gewichtsentwicklung während der Hauptperioden deutlicher positiv oder weniger negativ als während der Vorperioden, was wahrscheinlich mit der Anpassung des Körpers an die neue Diät in Zusammenhang steht. Die stärksten Gewichtsverluste während der Versuche 2 und 3 waren bei Verfütterung von Diät 7/7-HA zu beobachten.

3.2.3. Verdaulichkeit

Die Trockensubstanzverdaulichkeit lag in Versuch 1 zwischen 77% und 86%, in Versuch 2 und 3 zwischen 82% und 88% (Tabel-

1) Ruhe-Nüchtern-Umsatz bei $65 \text{ kcal}/(\text{kg KM}^{0,75} \times \text{Tag})$
(PETRY, 1984)

len 2 bis 8). Schwankungen der Verdaulichkeit bis zu über 5% wurden bei den einzelnen Tieren festgestellt. Die scheinbare Proteinverdaulichkeit war in Versuch 2 bei allen Tieren positiv mit der Stickstoffaufnahme korreliert. Das ist darauf zurückzuführen, daß der Anteil des endogenen Stickstoffs im Kot bei geringerer Stickstoffaufnahme prozentual zunimmt und damit die scheinbare Proteinverdaulichkeit abnimmt.

3.2.4. Kreatininausscheidung im Harn

Die Kreatininausscheidung der einzelnen Tiere bei Verfütterung der verschiedenen Diäten ist aus den Tabellen 9 bis 15 zu ersehen. In Versuch 2 und 3 konnte mit zunehmender Versuchsdauer und abnehmendem Körpergewicht eine Verringerung der Kreatininausscheidung beobachtet werden. Die extrem geringe Kreatininausscheidung von Dino bei Diät 7/7-HA beruht auf der Aufnahme von Harn, die während dieser Fütterungsperiode mehrfach beobachtet wurde.

3.2.5 Stickstoffbilanzuntersuchungen

Die Stickstoffbilanzen in Versuch 1 (Tabellen 9 bis 11) waren, bis auf die Bilanz bei Verfütterung der Diät 6S an Vergil, alle positiv. Isidor zeigte bei Diät 6S die größte N-Retention, sein Verzehr lag bei dieser Diät auch wesentlich höher als bei den anderen Diäten. Während der Verfütterung der Diäten 6S+M und 6S+EAS waren nur geringfügige Unterschiede in der N-Bilanz, wie auch im Verzehr, zu beobachten. Die zweimal durchgeführte Bilanzuntersuchung mit der Diät 6S+M zeigte, bei Retentionen von 4,6 und 5,0 mg/Tag und fast gleichem Verzehr, gute Übereinstimmung. Die Stickstoffbilanzen von Habakuk wiesen die geringsten Schwankungen auf. Vergil hatte bei Diät 6S eine negative Bilanz. Der Verzehr war hier auch am geringsten. Deutlich höhere N-Retentionen wie auch Futteraufnahmen wurden bei Verfütterung der Diäten 6S+M und 6S+EAS erzielt.

In Versuch 2 (Tabellen 12 bis 15) hatten nur bei Diät 7/7 alle Tiere eine positive Stickstoffbilanz, die Bilanzen bei Diät 5/5 und 3/3 waren bei allen Tieren negativ. Die Beziehung zwischen N-Aufnahme und N-Bilanz bei den verschiedenen Tieren ist in den Abbildungen 3 bis 6 dargestellt. Sie ist bei allen Tieren bei guter Korrelation linear. Das durch lineare Regression ermittelte Bilanzminimum liegt für Isidor bei 109 mg N/Tag, für Bodo bei 145 mg N/Tag, für Dino bei 121 mg N/Tag und für Django bei 129 mg N/Tag.

Die Stickstoffbilanzen bei Verfütterung der Diät 3/7 in Versuch 3 (Tabellen 12 bis 15) kann man mit den Bilanzen der Diäten 3/3 und 7/7 vergleichen, die den gleichen Gehalt an essentiellen Aminosäuren bzw. an Gesamtstickstoff haben. Bei Isidor, Bodo und Django lag die Bilanz mit Diät 3/7 zwischen den jeweiligen Bilanzen mit den Diäten 3/3 und 7/7. Dino zeigte bei Diät 3/7 eine wesentlich höhere Stickstoffretention als bei Diät 3/3 und 7/7.

Ein Vergleich der N-Bilanz bei Diät 3/7+M mit der N-Bilanz bei Diät 3/7 zeigt bei den einzelnen Tieren kein einheitliches Bild. Die beiden Stickstoffbilanzen waren bei Isidor fast gleich, wie auch der Verzehr der beiden Diäten. Bei Bodo erhöhte sich, bei gesteigertem Verzehr, die Stickstoffbilanz etwas bei Diät 3/7+M gegenüber Diät 3/7. Eine Verringerung der Stickstoffbilanz wie auch des Futterverzehrs nach Methioninzulage war bei Dino zu beobachten. Django zeigte, bei verringerter Futteraufnahme, eine schwache Erhöhung der N-Bilanz. Die Stickstoffbilanz bei Verfütterung der Diät 7/7-HA, im Vergleich zur Bilanz bei Diät 7/7, fiel bei Isidor und Django, bei deutlich geringerem Verzehr der Diät 7/7-HA, nahezu gleich aus. Bei ebenfalls geringerem Verzehr war sie bei Bodo und Dino dagegen deutlich verringert.

3.2.6. Phosphorbilanzuntersuchungen

Die Ergebnisse der Phosphorbilanzuntersuchungen sind in den

Tabellen 16 bis 18 angegeben. Die mittlere Phosphorretention in Versuch 1 betrug bei Isidor 5,8%, bei Habakuk 7,1% und bei Vergil 6,8% der Phosphoraufnahme. In den Versuchen 2 und 3 betrug die mittlere Phosphorretention bei Isidor 6,9%, bei Bodo 2,3%, bei Dino 12,8% und bei Django 11,1% der Phosphoraufnahme.

Abb. 1 KÖRPERGEWICHTSENTWICKLUNG
WÄHREND VERSUCH 1

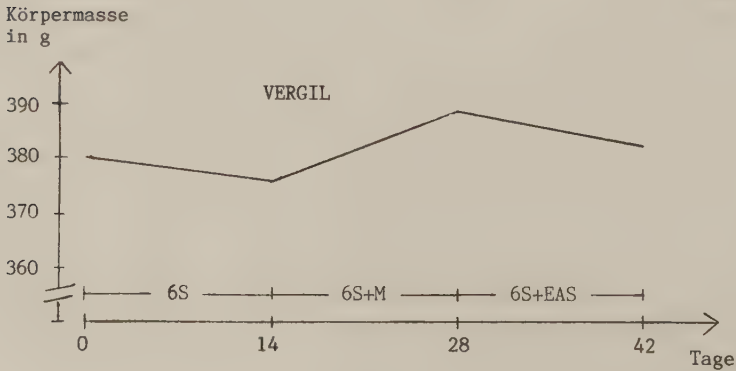
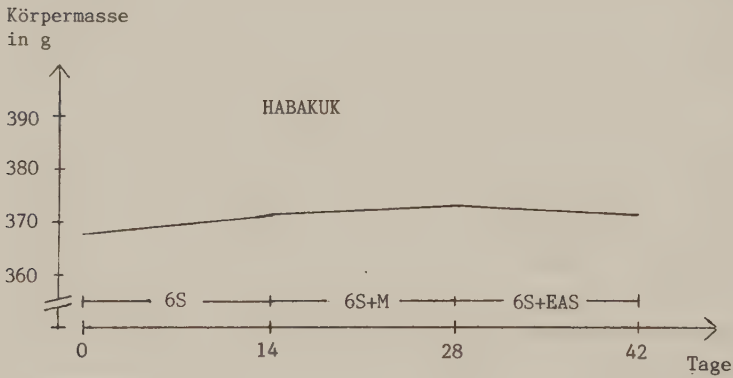
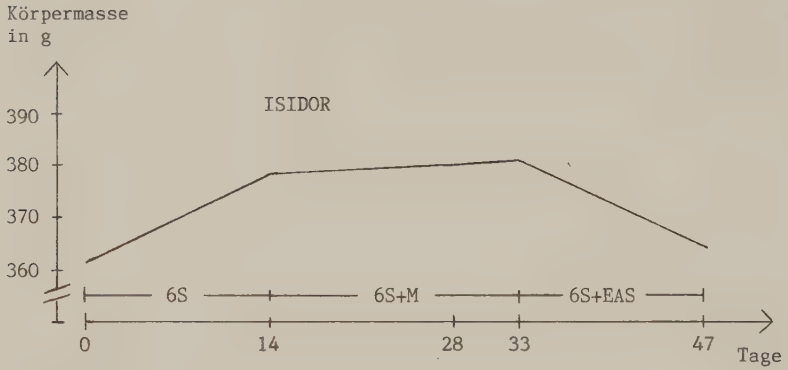


Abb. 2 KÖRPERGEWICHTSENTWICKLUNG
WÄHREND VERSUCH 2 UND 3

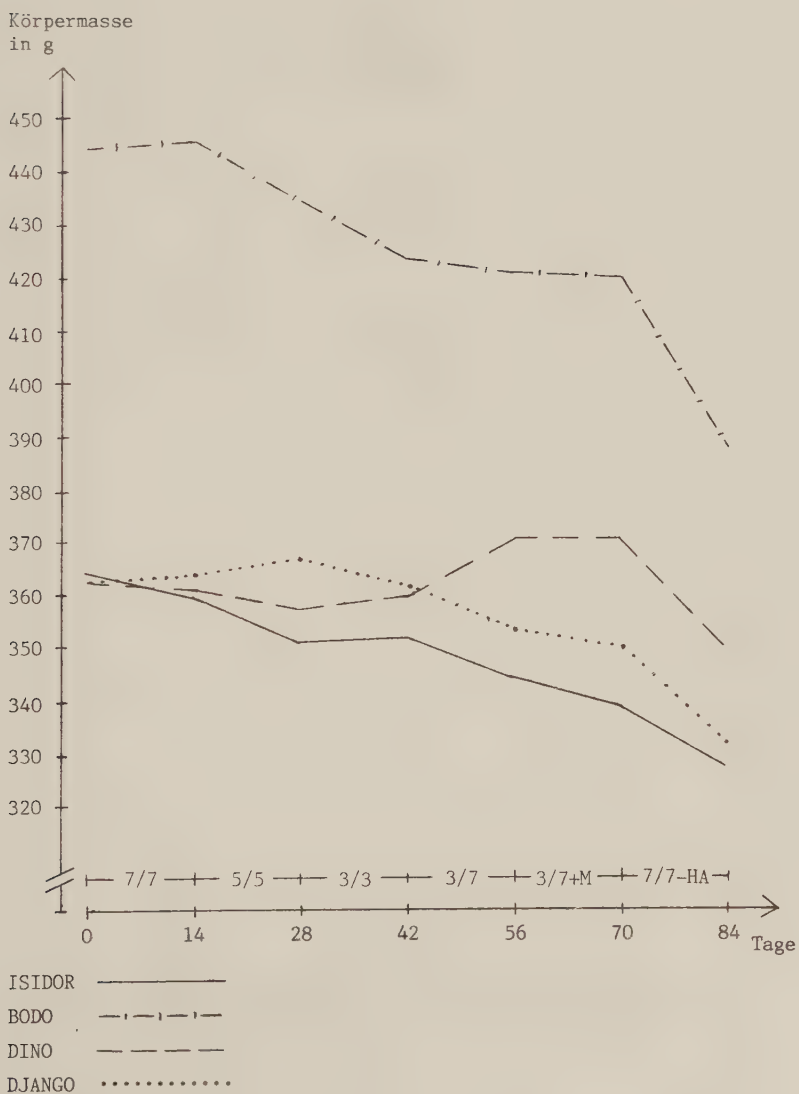


Abb. 3 BEZIEHUNG ZWISCHEN N-AUFNAHME UND N-BILANZ BEI ISIDOR (Versuch 2)

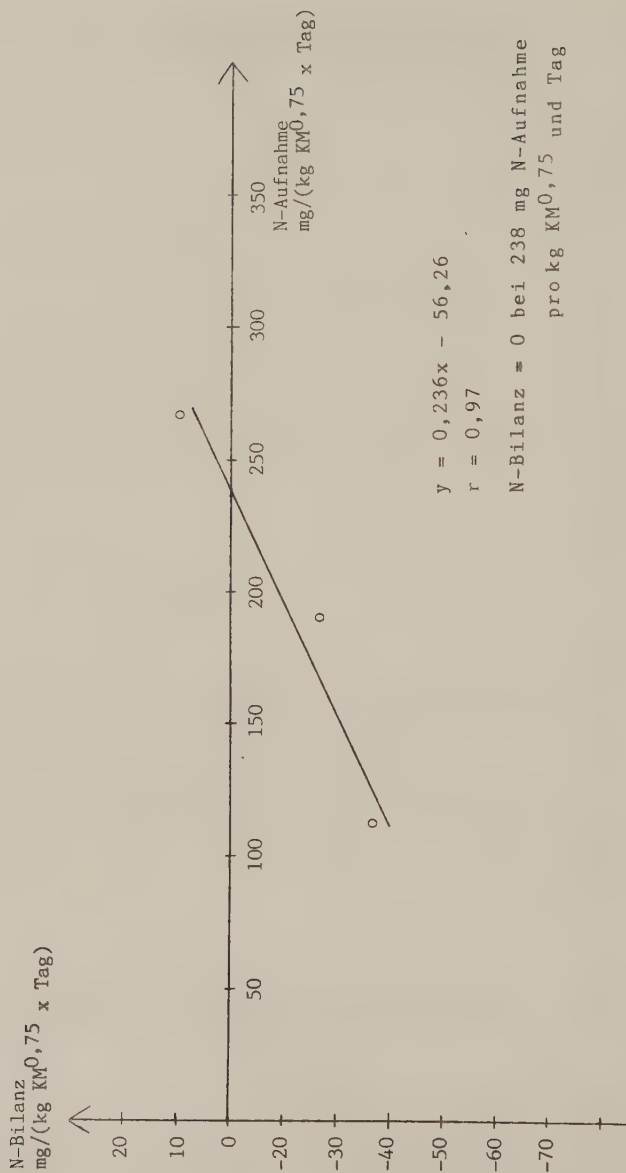


Abb. 4 BEZIEHUNG ZWISCHEN N-AUFNAHME UND N-BILANZ BEI BODO (Versuch 2)

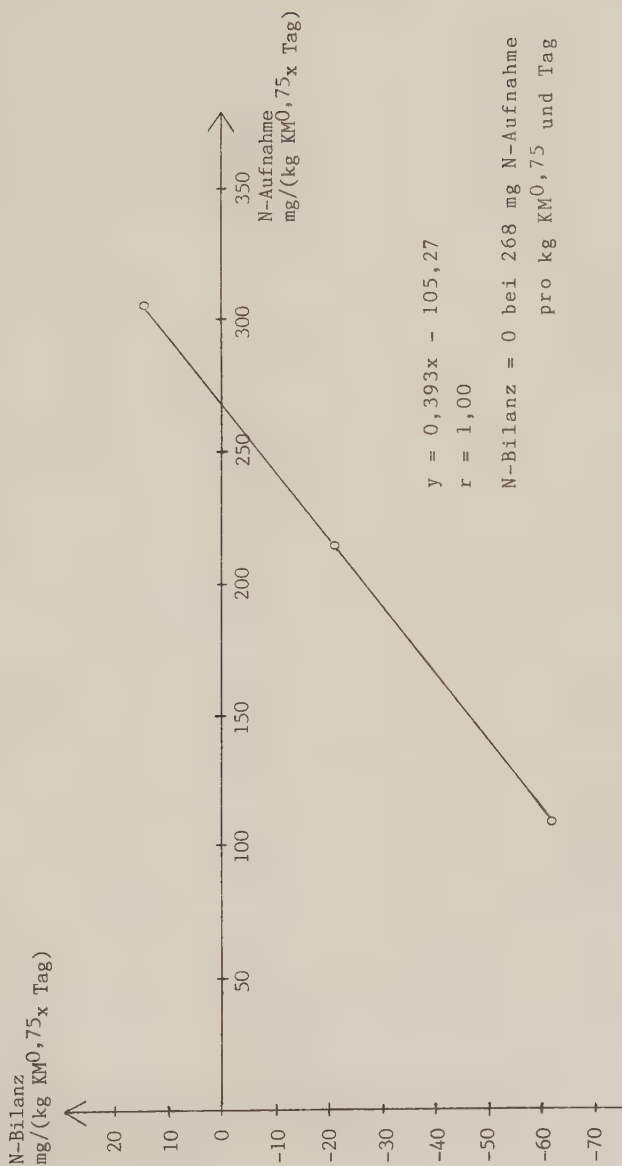


Abb. 5 BEZIEHUNG ZWISCHEN N-AUFNAHME UND N-BILANZ BEI DINO (Versuch 2)

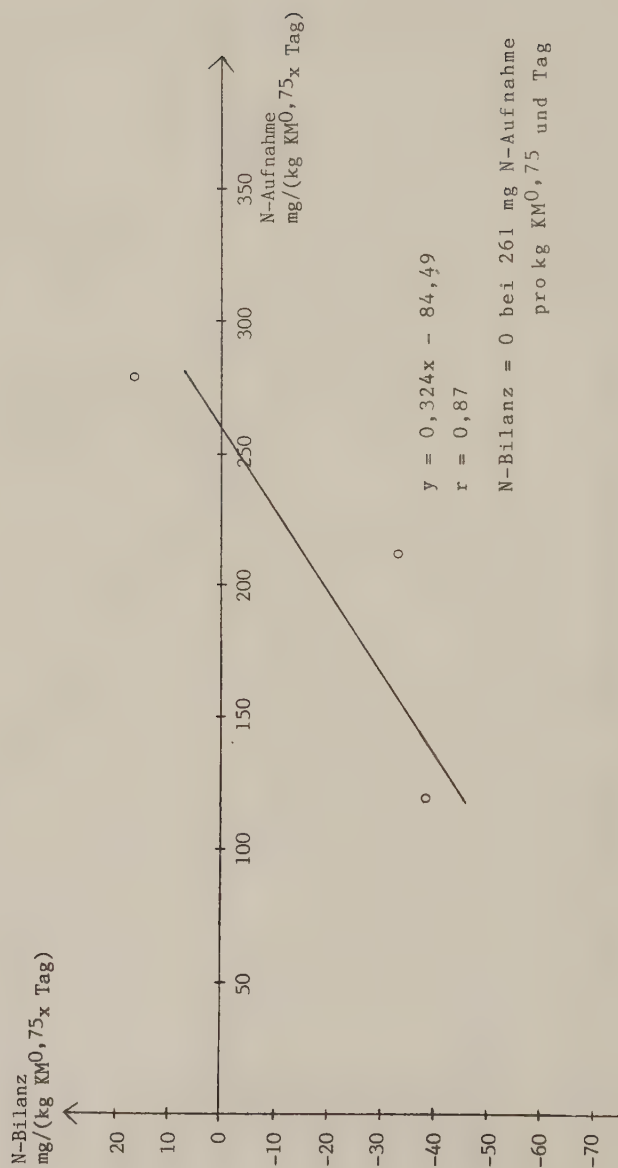
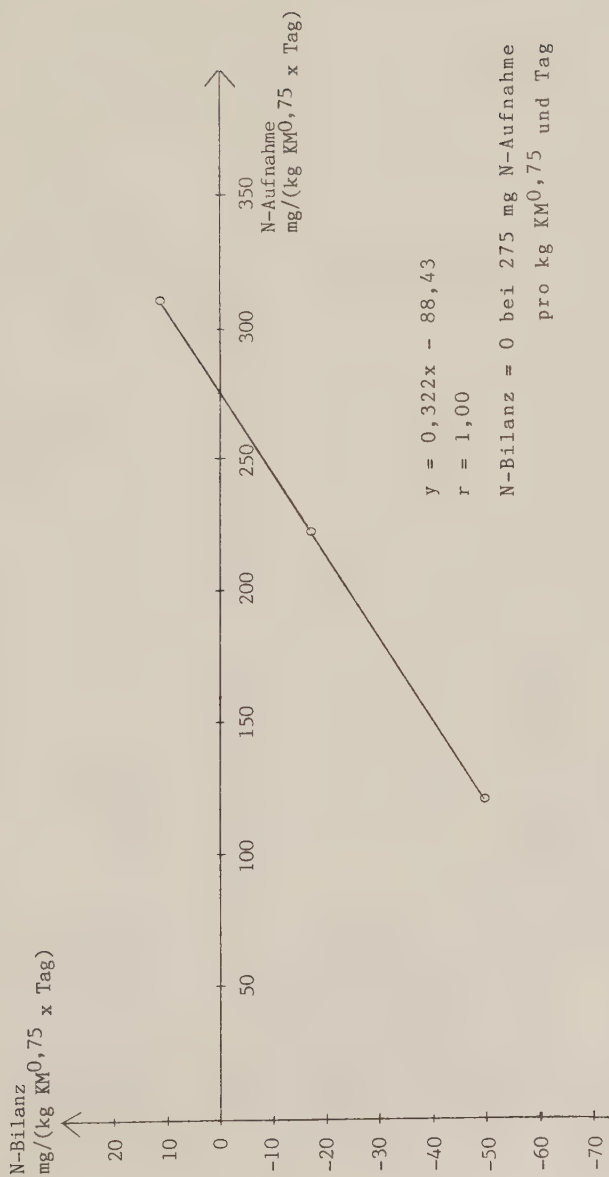


Abb. 6 BEZIEHUNG ZWISCHEN N-AUFNAHME UND N-BILANZ BEI DJANGO (Versuch 2)



Tab. 2 FUTTERAUFNAHME, ENERGIEAUFNAHME UND VERDAULICHKEIT
IN VERSUCH 1 BEI ISIDOR

Diät	6S	6S+M(1)	6S+M(2)	6S+EAS
Futterraufnahme % ¹⁾	3,8	3,1	3,0	3,0
Energieaufnahme % ²⁾	212,7	172,7	171,0	171,6
TS-Verdaulichkeit %	84,2	84,2	83,0	80,9
scheinbare N-Verdaulichkeit %	71,8	63,1	64,5	61,8

1) in % der mittleren Körpermasse während der Hauptperiode

2) in % des Ruhe-Nüchtern-Umsatzes bei 24° C

Tab. 3 FUTTERAUFNAHME, ENERGIEAUFNAHME UND VERDAULICHKEIT
IN VERSUCH 1 BEI HABAKUK

Diät	6S	6S+M	6S+EAS
Futterraufnahme % ¹⁾	3,6	3,5	3,0
Energieaufnahme % ²⁾	201,8	194,5	173,7
TS-Verdaulichkeit %	85,5	84,4	84,6
scheinbare N-Verdaulichkeit %	61,5	59,2	59,0

Tab. 4 FUTTERAUFNAHME, ENERGIEAUFNAHME UND VERDAULICHKEIT
IN VERSUCH 1 BEI VERGIL

Diät	6S	6S+M	6S+EAS
Futterraufnahme % ¹⁾	3,4	4,0	3,6
Energieaufnahme % ²⁾	191,6	224,3	209,3
TS-Verdaulichkeit %	81,8	77,4	80,1
scheinbare N-Verdaulichkeit %	55,6	51,4	56,2

1) in % der mittleren Körpermasse während der Hauptperiode

2) in % des Ruhe-Nüchtern-Umsatzes bei 24°C

Tab. 5 FUTTERAUFNAHME, ENERGIEAUFNAHME UND VERDAULICHKEIT
IN VERSUCH 2 UND 3 BEI ISIDOR

Diät	7/7	5/5	3/3	3/7	3/7+M	7/7-HA
Futterraufnahme %1)	3,1	3,1	3,2	3,2	3,3	3,0
Energieaufnahme %2)	174,7	169,1	175,4	172,3	175,8	163,1
TS-Verdaulichkeit % scheinbare	85,2	84,9	83,5	85,7	83,3	86,3
N-Verdaulichkeit %	72,4	59,3	45,4	78,5	73,4	70,1

Tab. 6 FUTTERAUFNAHME, ENERGIEAUFNAHME UND VERDAULICHKEIT
IN VERSUCH 2 UND 3 BEI BODO

Diät	7/7	5/5	3/3	3/7	3/7+M	7/7-HA
Futterraufnahme %1)	3,3	3,3	3,0	2,9	3,1	2,5
Energieaufnahme %2)	199,5	190,7	168,7	164,3	176,6	144,3
TS-Verdaulichkeit % scheinbare	87,2	82,6	81,6	82,5	84,1	84,6
N-Verdaulichkeit %	70,0	53,6	18,2	67,3	69,0	64,9

1) in % der mittleren Körpermasse während der Hauptperiode

2) in % des Ruhe-Nüchtern-Umsatzes bei 24°C

Tab. 7 FUTTERAUFNAHME, ENERGIEAUFNAHME UND VERDAULICHKEIT
IN VERSUCH 2 UND 3 BEI DINO

Diät	7/7	5/5	3/3	3/7	3/7+M	7/7-HA
Futterraufnahme % ¹⁾	3,2	3,4	3,4	3,2	2,8	2,9
Energieaufnahme % ²⁾	182,5	187,6	184,4	173,4	153,9	162,7
TS-Verdaulichkeit %	86,0	80,3	81,3	83,0	85,0	82,8
scheinbare N-Verdaulichkeit %	65,6	36,7	21,5	70,0	68,6	57,3

Tab. 8 FUTTERAUFNAHME, ENERGIEAUFNAHME UND VERDAULICHKEIT
IN VERSUCH 2 UND 3 BEI DJANGO

Diät	7/7	5/5	3/3	3/7	3/7+M	7/7-HA
Futterraufnahme % ¹⁾	3,6	3,5	3,4	3,6	3,4	3,3
Energieaufnahme % ²⁾	202,5	195,4	186,3	196,1	186,2	180,2
TS-Verdaulichkeit %	84,5	86,8	86,9	84,9	86,3	84,8
scheinbare N-Verdaulichkeit %	73,4	51,1	19,0	62,5	62,7	60,7

1) in % der mittleren Körpermasse während der Hauptperiode

2) in % des Ruhe-Nüchtern-Umsatzes bei 24°C

Tab. 9 ERGEBNISSE DER N-BILANZSTUDIEN MIT ISIDOR (VERSUCH 1)

Diät	6S	6S+M(1)	6S+M(2)	6S+EAS
KM ¹⁾	8	378,1 379,4	379,4 380,7	364,4 364,2
Futtermateriale	g TS/Tg	14,1	11,5	11,0
Energieaufnahme ²⁾	kcal/Tg	65,9	53,8	52,3
Kreatinin-aussch.	mg/Tg	10,4	10,4	11,0
N-Aufnahme	mg/Tg	142,0	115,9	110,3
N-Ausscheidung über				
Kot	mg/Tg	40,0	41,2	42,1
Urin	mg/Tg	73,3	59,5	54,1
Körperoberfläche ³⁾	mg/Tg	9,5	9,7	9,4
N-Bilanz	mg/Tg	+19,2	+5,0	+4,7

1) Körpermasse am Beginn und Ende der Hauptperiode

2) Bruttoenergie

3) berechnet als: $20 \text{ mg N} \times \text{kg KM}^{0,75}$

Tab. 10 ERGEBNISSE DER N-BILANZSTUDIEN MIT HABAKUK (VERSUCH 1)

Diät		6S	6S+M	6S+EAS
KM ¹⁾	g	366,5 371,3	372,4 373,0	372,5 372,0
Futtermittelaufnahme	g TS/Tg	13,3	12,9	11,3
Energieaufnahme ²⁾	kcal/Tg	62,1	60,3	53,8
Kreatininaussch.	mg/Tg	11,4	10,8	9,9
N-Aufnahme	mg/Tg	133,9	130,0	113,3
N-Ausscheidung über				
Kot	mg/Tg	51,5	53,0	46,4
Urin	mg/Tg	64,6	57,6	49,5
Körperoberfläche ³⁾	mg/Tg	9,5	9,5	9,5
N-Bilanz	mg/Tg	+8,3	+9,9	+7,9

1) Körpermasse am Beginn und Ende der Hauptperiode

2) Bruttoenergie

3) berechnet als: 20 mg N x kg KM^{0,75}

Tab. 11 ERGEBNISSE DER N-BILANZSTUDIEN MIT VERGIL (VERSUCH 1)

Diät	6S	6S+M	6S+EAS
KM ¹⁾	8		
	376,5 375,7	378,7 389,2	380,6 383,2
Futterraufnahme	g TS/Tg	15,2	13,9
Energieaufnahme ²⁾	kcal/Tg	71,1	66,1
Kreatinininaussch.	mg/Tg	10,2	11,0
N-Aufnahme	mg/Tg	153,2	139,4
N-Ausscheidung über			
Kot	mg/Tg	74,4	61,0
Urin	mg/Tg	48,7	49,5
Körperoberfläche ³⁾	mg/Tg	9,8	9,7
N-Bilanz	mg/Tg	+20,3	+19,2

1) Körpermasse am Beginn und Ende der Hauptperiode

2) Bruttoenergie

3) berechnet als: 20 mg N x kg KM^{0,75}

Tab. 12 ERGEBNISSE DER N-BILANZUNTERSUCHUNGEN MIT ISIDOR (VERSUCH 2 UND 3)

Diät	7/7	5/5	3/3	3/7	3/7+M	7/7-HA
KM1)	g	351,4 359,7	350,8 351,4	340,6 343,6	334,4 338,6	318,6 327,1
Futtermaufnahme	g TS/Tg	11,0	11,3	11,0	11,0	9,7
Energieaufnahme ²⁾	kcal/Tg	52,3	52,0	50,1	50,5	45,4
Kreatininaussch.	mg/Tg	10,8	10,1	9,8	8,9	7,9
N-Aufnahme	mg/Tg	123,4	86,4	51,3	124,9	109,3
N-Ausscheidung über						
Kot	mg/Tg	34,1	28,0	26,9	33,5	32,7
Urin	mg/Tg	75,6	26,5	88,2	83,8	63,0
Körperoberfläche ³⁾	mg/Tg	9,2	9,1	9,0	8,8	8,6
N-Bilanz	mg/Tg	+4,5	-12,3	+0,8	+0,0	+5,0

1) Körpermasse am Beginn und Ende der Hauptperiode

2) Bruttoenergie

3) berechnet als: $20 \text{ mg N} \times \text{kg KM}^{0,75}$

Tab. 13 ERGEBNISSE DER N-BILANZUNTERSUCHUNGEN MIT BODO (VERSUCH 2 UND 3)

Diät	7/7	5/5	3/3	3/7	3/7+M	7/7-HA
KM ¹⁾	8	440,1 445,6	429,8 423,7	424,7 420,9	416,4 420,0	403,6 388,2
Futterraufnahme	g TS/Tg	14,8	12,6	12,3	13,0	10,0
Energieaufnahme ²⁾	kcal/Tg	70,4	57,9	56,0	59,7	46,8
Kreatininaussch.	mg/Tg	15,6	13,3	11,6	11,4	9,8
N-Aufnahme	mg/Tg	166,1	57,2	139,6	149,0	112,7
N-Ausscheidung über						
Kot	mg/Tg	49,8	46,8	45,7	46,2	39,6
Urin	mg/Tg	97,3	32,9	87,5	92,4	84,2
Körperoberfläche ³⁾	mg/Tg	10,9	10,6	10,5	10,4	10,0
N-Bilanz	mg/Tg	+8,1	-33,1	-4,1	+0,0	-21,1

1) Körpermasse am Beginn und Ende der Hauptperiode

2) Bruttoenergie

3) berechnet als: 20 mg N x kg KM^{0,75}

Tab. 14 ERGEBNISSE DER N-BILANZUNTERSUCHUNGEN MIT DINO (VERSUCH 2 UND 3)

Diät	7/7	5/5	3/3	3/7	3/7+M	7/7-HA
KM ¹⁾	g					
	360,4	356,6	358,5	366,6	366,6	342,2
	360,9	356,9	359,5	370,2	370,2	349,5
Futterraufnahme	g TS/Tg	12,2	12,1	11,7	10,3	10,2
Energieaufnahme ²⁾	kcal/Tg	56,3	55,6	53,3	47,3	47,7
Kreatininaussch.	mg/Tg	9,4	8,5	7,7	9,0	5,1
N-Aufnahme	mg/Tg	130,2	54,9	132,8	118,0	115,0
N-Ausscheidung über						
Kot	mg/Tg	44,8	43,1	39,8	37,0	49,1
Urin	mg/Tg	68,6	20,5	63,0	62,3	57,4
Körperoberfläche ³⁾	mg/Tg	9,3	9,3	9,4	9,4	9,0
N-Bilanz	mg/TG	+7,5	-15,4	+20,6	+9,3	-0,5

1) Körpermasse am Beginn und Ende der Hauptperiode

2) Bruttoenergie

3) berechnet als: 20 mg N x kg KM^{0,75}

Tab. 15 ERGEBNISSE DER N-BILANZUNTERSUCHUNGEN MIT DJANGO (VERSUCH 2 UND 3)

Diät	7/7	5/5	3/3	3/7	3/7+M	7/7-HA
KM ¹⁾						
	366,2	361,3	355,6	351,6	342,3	328,5
	363,5	366,6	361,5	353,3	349,8	331,7
Futterraufnahme g TS/Tg	13,0	12,9	12,2	12,8	11,9	10,9
Energieaufnahme ²⁾ kcal/Tg	61,8	59,5	56,1	58,3	54,6	51,0
Kreatinininaussch. mg/Tg	10,2	11,1	9,5	10,7	10,0	8,0
N-Aufnahme mg/Tg	145,9	103,2	55,4	145,3	136,4	122,8
N-Ausscheidung über						
Kot mg/Tg	38,8	50,5	44,9	54,5	50,9	48,3
Urin mg/Tg	92,4	51,1	24,5	90,3	83,3	60,9
Körperoberfläche ³⁾ mg/Tg	9,4	9,4	9,3	9,2	9,0	8,7
N-Bilanz mg/Tg	+5,3	-7,8	-23,3	-8,7	-6,8	+4,9

1) Körpermasse am Beginn und Ende der Hauptperiode

2) Bruttoenergie

3) berechnet als: 20 mg N x kg KM^{0,75}

Tab. 16 ERGEBNISSE DER PHOSPHORBILANZSTUDIEN
DES VERSUCHS 1 (alle Angaben in mg/Tag)

Diät	6S	6S+M(1)	6S+M(2)	6S+EAS
ISIDOR				
P-Aufnahme	80,7	65,4	64,9	62,4
P im Kot	54,6	44,3	44,1	42,3
P im Harn	22,1	15,8	16,8	17,5
P-Bilanz	+4,0	+5,3	+4,0	+2,6
HABAKUK				
P-Aufnahme	76,1	72,8		64,1
P im Kot	51,0	50,8		40,2
P im Harn	22,4	17,8		16,2
P-Bilanz	+2,7	+4,2		+7,7
VERGIL				
P-Aufnahme	73,2	85,7		78,8
P im Kot	54,5	61,2		56,6
P im Harn	17,3	15,5		15,8
P-Bilanz	+1,4	+9,0		+6,4

Tab. 17 ERGEBNISSE DER PHOSPHORBILANZSTUDIEN
DES VERSUCHS 2 (alle Angaben in mg/Tag)

Diät	7/7	5/5	3/3
ISIDOR			
P-Aufnahme	53,5	54,5	57,6
P im Kot	30,9	33,4	35,1
P im Harn	19,2	18,4	21,4
P-Bilanz	+3,4	+2,7	+1,1
BODO			
P-Aufnahme	71,9	72,7	64,3
P im Kot	45,1	49,4	46,0
P im Harn	22,8	21,6	21,9
P-Bilanz	+4,0	+1,7	-3,6
DINO			
P-Aufnahme	56,4	61,6	61,7
P im Kot	37,4	54,2	44,5
P im Harn	10,7	10,7	11,7
P-Bilanz	+8,3	-3,3	+5,5
DJANGO			
P-Aufnahme	63,2	65,1	62,2
P im Kot	39,8	43,8	40,2
P im Harn	14,0	11,6	15,7
P-Bilanz	+9,4	+9,7	+6,3

Tab. 18 ERGEBNISSE DER PHOSPHORBILANZSTUDIEN
DES VERSUCHS 3 (alle Angaben in mg/Tag)

Diät	3/7	3/7+M	7/7-HA
ISIDOR			
P-Aufnahme	55,6	57,8	50,1
P im Kot	30,3	38,4	30,1
P im Harn	19,8	17,3	12,4
P-Bilanz	+5,5	+2,1	+7,6
BODO			
P-Aufnahme	62,1	68,3	51,7
P im Kot	38,6	42,6	36,9
P im Harn	19,1	19,0	17,6
P-Bilanz	+4,4	+6,7	-2,8
DINO			
P-Aufnahme	59,1	54,1	52,7
P im Kot	36,2	27,4	34,9
P im Harn	11,1	16,6	7,2
P-Bilanz	+11,8	+10,1	+10,6
DJANGO			
P-Aufnahme	64,6	62,5	56,4
P im Kot	45,9	40,3	42,3
P im Harn	15,6	12,3	10,6
P-Bilanz	+3,1	+9,9	+3,5

4. DISKUSSION

Der tägliche Futtertrockensubstanzverzehr der Tiere lag in Versuch 1 im gleichen Bereich wie der von SAPPL (1984) bei *Callithrix jacchus* ermittelte Verzehr halbsynthetischer Sojaproteinkonzentratdiäten. Versuche von SCHOEN (1982) ergaben mit ähnlichen Diäten einen um 20% höheren Verzehr. In diesen Untersuchungen wurde der Verzehr aber wahrscheinlich überschätzt, da der Verschleiß sehr hoch war und auch Jungtiere mit in die Berechnung eingingen. Ein Vergleich des Verzehrs in Versuch 1 mit dem in Versuch 2 und 3 ist nur eingeschränkt möglich, da die Tierzahl klein war, die individuellen Unterschiede groß waren und nur eines der Tiere an allen Versuchen teilnahm. Die geringere Futteraufnahme in Versuch 2 und 3 gegenüber Versuch 1 steht in Einklang mit Angaben von STUCKI und HARPER (1962), die bei jungen Ratten eine Verzehrsdepression beobachteten, wenn das Protein in der Nahrung durch eine Mischung aus einzelnen Aminosäuren ersetzt wurde. Sie bezeichneten die ungenügende Futteraufnahme als ein Hauptproblem bei Verfütterung von Diäten mit Mischungen aus einzelnen Aminosäuren. Der bei allen Tieren beobachtete niedrige Verzehr der Diät 7/7-HA, die sich für den menschlichen Geschmack nicht von den anderen Diäten der Versuche 2 und 3 unterschied, kann als Hinweis für die Essentialität von Histidin oder Arginin gelten. In Versuchen an Ratten wurde ein Verzehrsrückgang bei Fehlen einer essentiellen Aminosäure im Futter beobachtet (ROSE, 1937; FRAZIER et al., 1947; BOTHWELL und WILLIAMS, 1951; BOTHWELL et al., 1954; ROGERS und LEUNG, 1973). Dies ist wahrscheinlich ein Schutz vor Aminosäurenimbilanzerscheinungen. An Ratten und Hunden konnten nämlich bei Zwangsfütterung von Diäten, in denen eine essentielle Aminosäure fehlte, pathologische Erscheinungen festgestellt werden (BOTHWELL und WILLIAMS, 1952; BURNS et al., 1981). Dieser Schutzmechanismus scheint mit dem Absinken der Plasmakonzentration der Aminosäure, die sich im Mangel befindet, in Zusammenhang zu stehen (SANAHA und HARPER, 1963).

Die tägliche Bruttoenergieaufnahme der Tiere in Versuch 1 war etwa so hoch wie in Versuchen von SAPPL (1984). Sie lag mit 171% bis 224% des Ruhe-Nüchtern-Umsatzes höher als die von MILLER und PAYNE (1963) zur Erhaltung des N-Gleichgewichts bei ausreichender Proteinaufnahme geforderten Energiezufuhr von 150% der Grundumsatzrate. Eine unterschiedliche Beeinflussung der Stickstoffbilanz durch Schwankungen in der Energieaufnahme von über 20% bei Verfütterung der verschiedenen Versuchsdiäten ist zu erwarten. In Versuch 2 lag die tägliche Bruttoenergieaufnahme mit 169% bis 203% ebenfalls über der von MILLER und PAYNE (1963) geforderten Energiezufuhr. In mehreren Studien wurde ein höherer Energiebedarf zur Erhaltung des N-Gleichgewichts bei Diäten, die Aminosäuremischungen enthielten, als bei Diäten, die die äquivalente Menge Protein mit gleichem Aminosäuremuster enthielten, beobachtet (siehe Kap. 2.5). Berücksichtigt man diesen erhöhten Energiebedarf, so war eventuell die Energiezufuhr in Versuch 2 zeitweise marginal. Es kann dadurch zu einer leichten Überschätzung des N-Bilanzminimums kommen. Die Energiezufuhr während des Versuchs 3 (144% - 196% des Ruhe-Nüchtern-Umsatzes) war bei allen Tieren geringer als in Versuch 2. Bei Diät 7/7-HA lag sie bei Bodo noch unterhalb der von MILLER und PAYNE (1963) geforderten Energiezufuhr.

Die Körpergewichtsentwicklung verlief nicht immer parallel zur Stickstoffbilanz. In Versuch 2 und 3 war aber bei zunehmender Proteinverarmung der Tiere eine Gewichtsabnahme zu beobachten. Die stärkste Gewichtsabnahme erfolgte mit Diät 7/7-HA, bei der auch der geringste Verzehr zu verzeichnen war.

Nach FOLIN (1905) ist die Kreatininausscheidung im Harn ein Maß für die Muskelmasse eines Individuums. Eine Betrachtung der Kreatininausscheidung und der Stickstoffbilanzen scheint dies zu bestätigen. Bei kumulierenden negativen Stickstoffbilanzen, also abnehmender Muskelmasse, in Versuch 2 und 3 nimmt die tägliche Kreatininausscheidung immer kleinere Werte an. Die Frage des Körpermassenbezugs für die Kreatininausscheidung

kann bisher noch nicht sicher beantwortet werden (KOCH, 1983). Im vorliegenden Fall war die Kreatininausscheidung weder von der Körpermasse noch der Körpermasse^{0,75} linear abhängig.

Die Trockensubstanzverdaulichkeit lag mit Durchschnittswerten von 79% bis 85% in Versuch 1 und 84% bis 86% in Versuch 2 und 3 im gleichen Bereich wie die von SCHOEN (1982) und SAPPL (1984) ermittelten Verdaulichkeiten halbsynthetischer Diäten bei *Callithrix jacchus*. Der Stickstoffgehalt im Kot zeigt in den Versuchen 2 und 3 keine Abhängigkeit vom Stickstoffgehalt in den Diäten. Da sich die verschiedenen Diäten hauptsächlich durch den Gehalt an Aminosäuren unterscheiden, bedeutet dies, daß die Aminosäurenmischung und das Glycin vollständig verdaut wurden.

Koprophagie wird gelegentlich bei einzelnen Krallenaffen beobachtet. Eine mögliche Ursache, neben Langeweile, ist ein Nährstoffmangel, in diesem Fall wahrscheinlich ein Protein- oder Aminosäurenmangel, wofür das Auftreten bei negativer Stickstoffbilanz spricht. SAPPL (1984) beschrieb, daß Koprophagie bei einem Tier der Spezies *Callithrix jacchus* immer dann auftrat, wenn der Proteingehalt in der Diät auf 3% und 1% gesenkt wurde. Wurde der Proteingehalt in der Diät wieder angehoben, hörte dieses Verhalten auf. Beim Menschenaffen wurde Koprophagie in Verbindung gebracht mit Langeweile, schlechtem Verdauen der Nahrung und Nährstoffmangel (STEMMLER-MORATH, 1937). Proteinmangel als Ursache von Koprophagie bei Pferden wurde von SCHURG et al. (1976) beschrieben. Das Ablecken des Urins, das eines der Versuchstiere (Dino) praktizierte, scheint ebenfalls Folge eines Protein- oder Aminosäurenmangels zu sein. Es wurde von SAPPL (1984) bei *Callithrix jacchus* als Folge eines Proteinmangels, von STEMMLER-MORATH (1937) bei Menschenaffen als Folge eines nicht näher untersuchten Nährstoffmangels

beschrieben. Durch Koprophagie und Ablecken von Harn führen sich die Tiere zusätzlich Stickstoff zu, der wahrscheinlich zum Teil vom Körper verwertet werden kann. In den vorliegenden Untersuchungen kann es dadurch zu einer leichten Unterschätzung des Stickstoffbedarfs kommen.

Aus den N-Bilanzen in Versuch 1 kann man aufgrund der positiven Stickstoffbilanz aller Tiere bei Diät 6S+M schließen, daß eine Diät mit 6% Rohprotein, Sojaprotein als Proteinquelle, und einer Methioninzulage in Höhe von 1,7% des Proteingehaltes unter den gegebenen Umständen bei erwachsenen, männlichen Weißbüschelaffen zur Aufrechterhaltung des N-Gleichgewichts ausreicht. Dies steht in Einklang mit den Ergebnissen von SAPPL (1984), in dessen Versuchen mit drei verschiedenen Proteinquellen das N-Bilanzminimum zwischen 5% und 6% Rohprotein in der Diät lag. Ein Vergleich der Stickstoffbilanzen bei Verfütterung der drei Versuchsdiäten in Versuch 1 läßt keine Schlüsse auf eine unterschiedliche Qualität dieser Diäten zu, da die Stickstoffbilanz durch den unterschiedlichen Verzehr der verschiedenen Diäten und die damit verbundene unterschiedliche Stickstoff- und Energieaufnahme stark beeinflußt wird und so eine mögliche Auswirkung der Proteinqualität auf die Bilanz verschleiert wird. Eine Qualitätsverbesserung von Sojaprotein durch Methioninzulage wurde von ZEZULKA und CALLOWAY (1976) und SCRIMSHAW und YOUNG (1979) beschrieben. Inwieweit sich eine Methioninzulage auswirkt, hängt insbesondere von der Höhe der Proteinzufuhr ab. Bei Proteinunterversorgung reagiert der Körper empfindlicher auf die Zulage als bei einem den Bedarf überschreitenden Proteinaufnahme (SCRIMSHAW und YOUNG, 1979). Die in Versuch 1 gewählte Proteinkonzentration bewirkte überwiegend positive Stickstoffbilanzen und war damit möglicherweise schon etwas zu hoch, um eine Limitierung des Sojaproteins durch Methionin selbst bei gleichmäßigem Verzehr erkennen zu lassen. Die gute Übereinstimmung der Resultate bei der zweimal durchgeführten Bilanzuntersuchung (Diät 6S+M) mit Isidor weisen auf eine gute Reproduzierbarkeit der Ergebnisse hin. Ein Zufall kann aber nicht

ausgeschlossen werden.

In Versuch 2 war, wie auch von KISHI et al. (1978), RAND et al. (1981) und YOUNG et al. (1984) beschrieben, die Beziehung zwischen N-Aufnahme und N-Bilanz bei Stickstoffaufnahmen im Bereich des Erhaltungsbedarfs linear. Das durch lineare Regression ermittelte Bilanzminimum lag zwischen 681 mg und 906 mg "Protein" ($N \times 6,25$) pro Tier und Tag, das sind 1,9 und 2,2 g/(kg KM x Tag). Damit liegt der Bedarf dieser Tiere in dem von SAPPL (siehe Kap. 2.3.) ermittelten Bereich. Beim Vergleich der Proteinbedarfsangaben für Lebewesen verschiedener Spezies und unterschiedlicher Größe ist die Wahl der Bezugsgröße von erheblicher Bedeutung. Protein- und Energiebedarf sind nicht proportional zur Körpermasse (RUBNER, 1883; SMUTS, 1935; HEGSTED, 1946). Ein kleineres Tier hat, wegen seiner verhältnismäßig größeren Körperoberfläche, einen höheren Protein- und Energieumsatz pro kg Körpermasse als ein größeres. Mit der von KLEIBER (1947) eingeführten metabolischen Körpergröße $kg\ KM^{0,75}$ als Bezugsgröße ist ein Vergleich zwischen den Bedarfsangaben für Lebewesen unterschiedlicher Körpermassen sinnvoll (ERBERSDOBLER, 1981). Die N-Bilanzminima einiger Monogastrier bei Aufnahme hochwertigen Proteins oder einer hochwertigen Aminosäurenmischung in $mg\ N/(kg\ KM^{0,75} \times Tag)$ sind wie folgt:

Callithrix jacchus	238 - 275	(vorliegende Untersuchung)
	210 - 350	(SAPPL, 1984)
Mensch	um 200	(CALLOWAY und MARGEN, 1971; YOUNG et al., 1973)
Schwein	246	(CARR et al., 1977)
Hund	330 - 480	(MELNICK und COWGILL, 1937)

Wie auch die Untersuchungen von SCHOEN (1982) und SAPPL (1984), zeigen die vorliegenden Ergebnisse, daß erwachsene Krallenaffen der Spezies *Callithrix jacchus* entgegen früheren Annahmen keinen außergewöhnlich hohen Proteinbedarf haben.

In Versuch 3 ist aus der deutlichen Verbesserung der N-Bilanz mit Diät 3/7 gegenüber Diät 3/3 zu erkennen, daß der Gehalt an unspezifischem Stickstoff in der Diät 3/3 limitierend ist. Dies steht in Einklang mit den Ergebnissen von GARZA et al. (1978), der den Gehalt an unspezifischem Stickstoff in Diäten mit Eiprotein als Stickstoffträger limitierend für den erwachsenen Menschen fand. Die höhere N-Retention mit der Diät 3/7 gegenüber Diät 7/7 bei Dino ist wohl auf eine bessere Proteinverwertung nach Proteindepletion bei Verfütterung der Diäten 5/5 und 3/3 zurückzuführen. Durch Methioninzulage zu Diät 3/7 (Diät 3/7+M) erfolgte keine deutliche Erhöhung der Stickstoffbilanzen, dies obwohl die Aminosäurenmischung vergleichsweise wenig schwefelhaltige Aminosäuren enthält, da der Cystingehalt des Eiroteins bei der Zusammenstellung der Aminosäurenmischung nicht berücksichtigt wurde. Damit scheint Methionin nicht die erste limitierende Aminosäure dieser Aminosäurenmischung zu sein. Möglicherweise ist die N-Bilanzmethode, wie SWENDSEID et al. (1962) vermuteten, aber nicht empfindlich genug, um moderat limitierende Aminosäuren aufzuspüren.

Aus den Stickstoffbilanzen bei Verfütterung der Diät 7/7-HA kann man keine Schlüsse auf eine Essentialität von Histidin oder Arginin ziehen. Die negative N-Bilanz von Bodo kann durch den geringen Verzehr dieser Diät erklärt werden. Allerdings muß sich bei ausreichendem Futterverzehr das Fehlen einer essentiellen Aminosäure in der Diät nicht unbedingt negativ auf die Stickstoffbilanz auswirken. In Versuchen von DENTON et al. (1950) und BOTHWELL und WILLIAMS (1951), in denen junge Ratten mit einer methionin- bzw. histidinfreien Diät zwangsernährt wurden, ergab sich keine Depression der N-Bilanz gegenüber jungen Ratten, denen eine komplette Diät zwangsgefüttert wurde. Bei ad-libitum-Fütterung einer methionin- oder histidinfreien Diät ging der Verzehr deutlich zurück und die N-Bilanz verringerte sich entsprechend der verminderten Futteraufnahme. In ähnlichen Versuchen von FORBES und VAUGHAM (1954) war hingegen die N-Bilanz junger Ratten

bei Zwangsfütterung methionin- bzw. histidinfreier Diäten deutlich niedriger als die Bilanz bei Zwangsfütterung einer vollständigen Diät. BURNS et al. (1981), die erwachsene Hunde mit argininfreier Diät zwangsfütterten, stellten trotz Stoffwechseleränderungen und pathologischen Erscheinungen keine geringere Stickstoffretention als bei Verabreichung argininhaltigen Futters fest. Die Stickstoffbilanz scheint also nicht in allen Fällen das Kriterium für die Essentialität einer Aminosäure zu sein. Die Verzehrsdepression bei ad-libitum-Fütterung mag in manchen Fällen ein zuverlässigerer Hinweis auf das Fehlen einer essentiellen Aminosäure in der Diät zu sein als eine negative Stickstoffbilanz. Trotz positiver bzw. ausgeglichener N-Bilanz mit Diät 7/7-HA bei drei von vier Tieren ist die Essentialität von Histidin oder Arginin also durchaus wahrscheinlich.

Eine Diät mit 3,6% essentiellen Aminosäuren und einem Rohproteingehalt von 7% (Diät 7/7) rief bei allen Tieren eine positive Stickstoffbilanz hervor. Da bei diesem Verhältnis von essentiellen Aminosäuren zu Gesamtstickstoff der Gehalt an unspezifischem Stickstoff limitierend ist, ist anzunehmen, daß auch ein niedrigerer Gehalt an essentiellen Aminosäuren in der Diät bei reichlicher Stickstoffzufuhr bei diesen Tieren eine ausgeglichene oder positive N-Bilanz bewirken würde. 1,5% einer Mischung aus essentiellen Aminosäuren bei einem Rohproteingehalt von 7% in der Diät (Diät 3/7) reichte aber nicht aus, um bei allen Tieren eine positive oder ausgeglichene Stickstoffbilanz zu erzeugen. Der minimale Gehalt an essentiellen Aminosäuren, der bei allen vier Tieren zu einer ausgeglichenen Stickstoffbilanz führen würde, liegt zwischen 1,5% und 3,6%. Es ist anzunehmen, daß ein Gehalt von 2,5% essentiellen Aminosäuren nach dem Muster des Eiweißes in der Diät bei reichlicher Stickstoffzufuhr und gutem Verzehr ausreicht, die meisten erwachsenen Weißbüschelaffen im N-Gleichgewicht zu halten.

Davon ausgehend, können die nachfolgenden Bedarfsangaben für erwachsene Krallenaffen der Spezies *Callithrix jacchus* gemacht werden. Es wird dabei von 2,5% essentiellen Aminosäuren in der Trockensubstanz der Diät, einer Futteraufnahme von 12 g Trockensubstanz pro Tag und einer mittleren Körpermasse der Tiere von 350 g ausgegangen. Histidin und Arginin werden, da zumindest eine der beiden Aminosäuren wahrscheinlich für erwachsene Weißbüschelaffen essentiell ist, in die Bedarfsangaben miteinbezogen.

	mg/(Tier x Tag)	mg/(kgKM ^{0,75} x Tag)
Histidin	11	25
Isoleucin	40	88
Leucin	47	104
Lysin	29	65
Methionin	17	37
Phenylalanin	33	71
Threonin	22	49
Tryptophan	8	17
Valin	46	100
Arginin	36	79

Diese Bedarfsangaben können nur eine grobe Annäherung sein. Da der Bedarf an einer Aminosäurenmischung durch die erste limitierende Aminosäure bestimmt wird, wird bei einer nicht ganz ausgewogenen Aminosäurezusammensetzung der Bedarf an den anderen Aminosäuren überschätzt. Bei den vorliegenden Bedarfsangaben ist möglicherweise der Bedarf an Leucin, Lysin, Valin und Arginin überschätzt, wie ein Vergleich mit den Bedarfsangaben für Menschen und Ratten vermuten läßt.

Die mittlere Phosphorretention der Tiere von sämtlichen Bilanzperioden betrug 5 mg/Tag, entsprechend etwa 10 mg/(kg KM^{0,75} x Tag). Weder zur Stickstoffbilanz noch zur Körpergewichtsentwicklung besteht eine eindeutige Beziehung. Das bedeutet, daß die Phosphorretention zumindest teilweise unabhängig vom Muskel- und Fettansatz stattfand. MITCHELL

(1949), der bei jungen Männern über 156 bis 220 Tage, bei etwa gleichbleibendem Körpergewicht, eine mittlere tägliche Phosphorretention von 7,5 mg/kg $KM^{0,75}$ fand, führte sie auf ein "Erwachsenenwachstum" zurück, d.h. eine Einlagerung von Phosphor in Zähnen, Knochen, Knorpel und eine langsame Ansammlung anorganischer und organischer Phosphate in den Weichgeweben. Möglicherweise ist die gefundene Phosphorretention auch Folge unvollständigen Sammelns der Exkrete und Überschätzung der Futteraufnahme. In diesem Fall wären auch die ermittelten Stickstoffbilanzen zu hoch, d.h. das N-Bilanzminimum läge höher als in Versuch 2 ermittelt. SAPPL (1984) schätzte die Fehlergröße durch unvollständiges Sammeln der Ausscheidungen und Überschätzung des Futtermittels in seinen Versuchen auf max. 1 bis 7% der N-Aufnahme. Es ist unwahrscheinlich, daß in den vorliegenden Versuchen, die mit Tieren der gleichen Spezies unter Anwendung der gleichen Methodik ausgeführt wurden, ein wesentlich größerer Fehler entstanden sein sollte, zumal die Versuche zum großen Teil von den gleichen Personen durchgeführt wurden.

5. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Versuchsergebnisse weisen darauf hin, daß der Proteinbedarf erwachsener Krallenaffen der Spezies *Callithrix jacchus* mit 6% eines hochwertigen Proteins in der Diät bei ausreichender Akzeptanz und Energiezufuhr gedeckt wird. Bei einem N-Bilanzminimum zwischen 238 und 275 mg N/(kg KM^{0,75} x Tag) mit einer hochwertigen Aminosäurenmischung lag der Proteinbedarf etwa in Höhe des Bedarfs anderer Monogastrier. Hinweise auf Besonderheiten im Proteinstoffwechsel, wie sie von AUSMAN et al. (1979) bei jungen Totenkopffaffen gefunden wurden, ergaben sich nicht.

Ein Nachteil bei Stickstoffbilanzuntersuchungen an Krallenaffen, so wie sie hier durchgeführt wurden, ist, daß das Futter wegen des hohen Verschmusses nicht rationiert werden kann. Durch unterschiedlichen Verzehr der Diäten und damit unterschiedlicher Energie- und Stickstoffaufnahme kann die N-Bilanz stärker beeinflußt werden als durch den Gehalt an einer essentiellen Aminosäure in der Diät. Dadurch ist die N-Bilanzmethode zur Ermittlung des quantitativen Bedarfs an einzelnen essentiellen Aminosäuren recht unempfindlich. Die Bestimmung der Aminosäurenkonzentrationen im Plasma, zusätzlich zu N-Bilanzstudien, könnte möglicherweise eine genauere Bedarfsermittlung ermöglichen.

Eine weitere Ungenauigkeit bei N-Bilanzuntersuchungen mit Krallenaffen ist das Auftreten von Koprophagie und Harnaufnahme bei niedriger Proteinzufuhr. Mit diesem durch Proteinmangel verursachten Verhalten führen sich die Tiere nicht quantifizierbare Mengen an Stickstoff zu, die bei der Berechnung der Stickstoffbilanzen unberücksichtigt bleiben. Es kann dadurch zu einer Unterschätzung des Proteinbedarfs kommen.

6. ZUSAMMENFASSUNG

In Stickstoffbilanzversuchen wurde der Protein- und Aminosäurenbedarf erwachsener Krallenaffen der Spezies *Callithrix jacchus* untersucht. Außerdem wurden Phosphorbilanzen aufgestellt und Energieaufnahme, Verdaulichkeit und Kreatininausscheidung im Urin bestimmt. Die Versuche wurden mit drei bzw. vier Tieren durchgeführt.

Bei Verfütterung halbsynthetischer Diäten mit 6% Rohprotein aus Sojaproteinkonzentrat mit und ohne Aminosäurezulagen wurden, mit einer Ausnahme, positive N-Bilanzen erreicht. 6% hochwertigen Proteins in der Diät reichen also aus, um bei ausreichender Akzeptanz und Energieaufnahme den Proteinbedarf erwachsener Weißbüschelaffen zu decken.

Durch lineare Regression wurde das N-Bilanzminimum bei Verfütterung von Diäten mit 7%, 5% und 3% Rohprotein ermittelt. Stickstoffträger dieser Diäten waren eine Mischung aus essentiellen Aminosäuren, einschließlich Histidin und Arginin, nach dem Muster des Eiweißes, außerdem Glycin und Diammoniumcitrat. Das Bilanzminimum lag bei den einzelnen Tieren zwischen 238 und 275 mg N pro kg Körpermasse^{0,75} und Tag. Der Proteinbedarf liegt damit im Bereich des Bedarfs anderer Monogastrier.

Durch Variation des Anteils der essentiellen Aminosäuren am Rohprotein in der Diät und des Methioningehalts wurden weitere Anhaltspunkte für den Aminosäurenbedarf der Tiere gewonnen, so daß Bedarfswerte für die einzelnen Aminosäuren in grober Annäherung angegeben werden können.

Bei Fütterung einer histidin- und argininfreien Diät konnte anhand der N-Bilanzen die Frage der Essentialität von Histidin und Arginin nicht eindeutig geklärt werden. Eine deutliche Verzehrsdepression läßt aber vermuten, daß zumindest eine dieser beiden Aminosäuren essentiell für den erwachsenen Weißbüschelaffen ist.

SUMMARY

STUDIES ON THE PROTEIN AND AMINO ACID REQUIREMENT OF ADULT MARMOSETS (*CALLITHRIX JACCHUS*)

The protein and amino acid requirement of adult marmosets was studied in N-balance experiments. A phosphorus balance was made and energy intake, digestibility and creatinine output in urine were determined as well. The experiments were performed with three or four animals.

Semisynthetic diets containing 6% crude protein from soy protein concentrate with or without amino acid supplementation induced positive nitrogen balances with the exception of one slightly negative balance. So 6% of a high quality protein in the diet seem to meet the maintenance requirement of adult marmosets.

The N-balance minimum was determined with diets in which nitrogen was provided by a mixture of essential amino acids including histidine and arginine, proportioned as in egg protein, with glycine and diammoniumcitrate added. N-balance minimum was from 238 to 275 mg N per kg body weight^{0,75} and day. Thus the protein requirement is in the same range as the requirement of other monogastric animals.

Variation of the ratio of "essential amino acid nitrogen to total nitrogen" and of the methionine content of the diet gave further information concerning the amino acid requirement. Thereby a rough estimate of the amino acid requirement for *Callithrix jacchus* can be given.

Omitting histidine and arginine from the diet reduced food intake of all animals. This indicates that at least one of these amino acids is essential though nitrogen balance was not affected.

7. ANHANG: TABELLEN

Tab. 19 ZUSAMMENSETZUNG DER DIÄTEN DES VERSUCHS 1

Komponenten in %	6S	6S+M	6S+EAS
Sojaproteinkonzentrat	8,80	8,80	6,36
L-Methionin		0,10	
EAS-Mischung			1,77
Maisstärke	30,90	30,90	30,90
Saccharose	22,50	22,40	23,17
*) Glucose		15,80	
Sojaöl		7,00	
Kokosfett		5,00	
Zellulose		4,60	
Vitaminvormischung ¹⁾		0,50	
Spurenelementvormischung ²⁾		0,10	
Cholinchloridpulver (50%)		0,40	
CaCO ₃		0,40	
CaHPO ₄ x 2H ₂ O		2,00	
NaCl		0,50	
MgO		0,20	
K ₂ HPO ₄		0,70	
KCl		0,60	

Die Summe ergibt 100%

*) Die folgenden Komponenten sind in den drei Diäten in jeweils gleicher Konzentration vorhanden

1) siehe Tab. 21

2) siehe Tab. 22

Tab. 20 ZUSAMMENSETZUNG DER DIÄTEN DER VERSUCHE 2 UND 3

Komponenten in %	7/7	5/5	3/3	3/7	3/7+M	7/7-HA
EAS-Mischung ¹⁾	3,75	2,65	1,60	1,60	1,60	
" " ohne His, Arg						3,11
L-Methionin					0,12	
Glycin	2,35	1,45	0,50	4,00	4,00	3,33
Diammoniumcitrat	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Maisstärke	40,20	42,20	44,20	40,70	40,58	39,86

*) Saccharose	30,00
Sojaöl	7,00
Kokosfett	5,00
Zellulose	5,00
Vitaminvormischung ²⁾	0,50
Spurenelementvormischung ³⁾	0,10
Cholinchloridpulver (50%)	0,40
CaCO ₃	0,40
CaHPO ₄ x 2H ₂ O	2,00
NaCl	0,50
MgO	0,20
K ₂ HPO ₄	0,80
KCl	1,00

Die Summe ergibt 100%

*) Die folgenden Komponenten sind in den Diäten in jeweils gleicher Konzentration vorhanden

1) siehe Tab. 23

2) siehe Tab. 21

3) siehe Tab. 22

Tab. 21 DIE VITAMINVORMISCHUNG (BASIS: MAISSTÄRKE)
ENTHÄLT IN 5 GRAMM (= PRO KILOGRAMM DER
FERTIGEN DIÄT)

Retinol	10.000 IE
Cholecalciferol	2.000 IE
α -DL-Tocopherolacetat	100 mg
Menadion	2 mg
Thiamin	5 mg
Riboflavin	10 mg
Pyridoxin	10 mg
Nikotinsäure	40 mg
Folsäure	4 mg
Ca-D-Pantothenat	20 mg
Cobalamin	50 mcg
Biotin	1 mg
Ascorbinsäure	2.000 mg

Tab. 22 DIE SPURENELEMENTVORMISCHUNG (BASIS: MAGNE-
SIUMOXID) ENTHÄLT IN 1 GRAMM (= PRO KILO-
GRAMM DER FERTIGEN DIÄT)

Fe (aus Eisen(III)oxid)	100 mg
Mn (aus Mangan(IV)oxid)	50 mg
Zn (aus Zinkoxid)	100 mg
Cu (aus Kupferoxid)	10 mg
Se (aus Natriumselenit x 5 H ₂ O)	0,1 mg
J (aus Kaliumjodid)	1 mg
F (aus Natriumfluorid)	2 mg
Mo (aus Natriummolybdat x 2 H ₂ O)	0,5 mg
Ni (aus Nickelsulfat x 6 H ₂ O)	0,1 mg
Cr (aus Chrom(III)chlorid x 6 H ₂ O)	0,5 mg

Tab. 23 DIE AMINOSÄURENMISCHUNG ENTHÄLT IN 100 GRAMM⁺⁾

Arginin	11,99 g
Histidin	3,75 g
Isoleucin	13,29 g
Leucin	15,75 g
Lysin	9,82 g
Methionin	5,64 g
Phenylalanin	10,84 g
Threonin	7,37 g
Tryptophan	2,60 g
Valin	15,18 g

⁺⁾ Die Summe ergibt nicht 100 g, da Histidin und Lysin als Hydrochlorid vorlagen.

Tab. 24 ERGEBNISSE DER FUTTERANALYSEN

Diät	N-Gehalt in % der TS	P-Gehalt in % der TS	Energiegehalt in kcal/g TS
6S	1,007	0,572	4,672
6S+M	1,008	0,564	4,676
6S+EAS	1,003	0,567	4,757
7/7	1,122	0,486	4,757
5/5	0,800	0,505	4,615
3/3	0,454	0,510	4,599
3/7	1,135	0,505	4,555
3/7+M	1,146	0,525	4,589
7/7-HA	1,127	0,517	4,680

Tab. 25 AMINOSÄUREGehalt der Diäten in % der TS*

Diät	6S	6S+M	6S+EAS	7/7	5/5	3/3	3/7	3/7+M	7/7-HA
Arginin	0,36	0,36	0,46	0,47	0,35	0,21	0,21	0,19	-
Histidin	0,13	0,12	0,17	0,15	0,10	0,06	0,07	0,05	-
Isoleucin	0,26	0,26	0,48	0,57	0,42	0,26	0,25	0,21	0,58
Leucin	0,39	0,40	0,60	0,66	0,46	0,30	0,29	0,26	0,66
Lysin	0,27	0,27	0,38	0,41	0,26	0,18	0,17	0,16	0,41
Methionin	n.b. ¹⁾	n.b.	n.b.	0,22	0,16	0,09	0,09	n.b.	n.b.
Phenylalanin	0,24	0,23	0,42	0,43	0,31	0,17	0,19	0,17	0,41
Threonin	0,22	0,23	0,27	0,31	0,22	0,13	0,13	0,13	0,30
Tryptophan	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Valin	0,24	0,24	0,53	0,60	0,48	0,28	0,28	0,24	0,59
Glycin	n.b.	n.b.	n.b.	2,51	1,55	0,56	4,26	4,29	n.b.

1) nicht bestimmt

*Die Analysen wurden im Institut für Physiologie, Physiologische Chemie und Ernährungsphysiologie der Tierärztlichen Fakultät der Universität München durchgeführt.

Tab. 26 ERGEBNISSE DER KOTANALYSEN

Diät	Tier	TS-Gehalt in %	N-Gehalt in % der TS	P-Gehalt in % der TS
6S	ISIDOR	41,048	1,805	2,451
	HABAKUK	32,635	2,668	2,640
	VERGIL	39,494	2,435	2,344
6S+M	ISIDOR(1)	36,322	2,319	2,379
	(2)	37,450	2,107	2,250
	HABAKUK	36,849	2,651	2,540
	VERGIL	30,410	2,163	1,780
6S+EAS	ISIDOR	38,166	1,997	2,005
	HABAKUK	37,364	2,649	2,299
	VERGIL	43,287	2,211	2,049
7/7	ISIDOR	45,413	2,166	1,970
	BODO	40,272	2,624	2,374
	DINO	42,640	2,769	2,310
	DJANGO	41,117	1,927	1,972
5/5	ISIDOR	40,104	2,158	2,046
	BODO	37,645	2,142	1,977
	DINO	43,089	2,559	2,240
	DJANGO	42,230	2,970	2,577
3/3	ISIDOR	43,772	1,417	1,876
	BODO	38,200	2,016	1,948
	DINO	41,593	1,899	1,962
	DJANGO	40,599	2,812	2,514
3/7	ISIDOR	45,332	1,717	1,942
	BODO	40,300	2,137	1,804
	DINO	43,534	1,989	1,830
	DJANGO	45,795	2,826	2,380

Diät	Tier	TS-Gehalt in %	N-Gehalt in % der TS	P-Gehalt in % der TS
3/7+M	ISIDOR	47,835	1,825	2,099
	BODO	39,640	2,141	1,970
	DINO	42,130	2,374	1,754
	DJANGO	43,991	3,141	2,487
7/7-HA	ISIDOR	42,418	2,462	2,264
	BODO	42,198	2,575	1,984
	DINO	40,231	2,823	2,006
	DJANGO	44,055	2,927	2,564

8. LITERATURVERZEICHNIS

- AHRENS, R.A., J.E. WILSON jr. and M. WOMACK (1966):
Utilization of calories and nitrogen by rats fed
diets containing purified casein versus a mixture of
amino acids simulating casein.
J. Nutr. 88, 219-224
- ALBANESE, A.A. (1959): Criteria of protein nutrition.
In: Protein and Amino Acid Nutrition. (Ed.: A.A.
Albanese), Academic Press, New York, pp. 297-347
- ALLISON, J.B. (1951): Interpretation of nitrogen balance
data.
Fed. Proc. 10, 676-683
- ANDERSON, H.L., E.S. CHO, P.A. KRAUSE, K.C. HANSON,
G.F. KRAUSE and R.L. WIXOM (1977): Effects of
dietary histidine and arginine on nitrogen retention
of men.
J. Nutr. 107, 2067-2077
- ANDERSON, H.L., M.B. HEINDEL and H. LINKSWILER (1969):
Effect on nitrogen balance of adult man of varying
source of nitrogen and level of calorie intake.
J. Nutr. 99, 82-90
- AUSMAN, L.M., D.L. GALLINA, K.W. SAMONDS and D.M. HEGSTED
(1979): Assessment of the efficiency of protein utili-
zation in young squirrel and macaque monkeys.
Am. J. Clin. Nutr. 32, 1813-1823
- AUSMAN, L.M. and D.M. HEGSTED (1980): Protein requirements
of adult cebus monkeys (*Cebus albifrons*).
Am. J. Clin. Nutr. 33, 2551-2558

- BALDWIN, J.K. and P. GRIMINGER (1978): Nitrogen balance studies in mature and aged rats.
Fed. Proc. 37, 752
- BECKER, M. und S. HARNISCH (1958): Neue Untersuchungen über die Gültigkeit von Stickstoffbilanzen bei Stoffwechselversuchen an lebenden Tieren.
Arch. Tierernährung 8, 309-320
- BENDITT, E.P., E.M. HUMPHREYS, R.L. STRAUBE, R.W. WISSLER and C.H. STEFFEE (1947): Studies in amino acid utilization. II. Essential amino acids as a source of plasma protein and erythrocytes in the hypoproteinemic rat.
J. Nutr. 33, 85-94
- BENDITT, E.P., R.L. WOOLRIDGE, C.H. STEFFEE and L.E. FRAZIER (1950): Studies in amino acid utilization. IV. The minimum requirements of the indispensable amino acids for maintenance of the adult well-nourished male albino rat.
J. Nutr. 40, 335-350
- BOORMAN, K.N. (1980): Dietary constraints on nitrogen retention.
In: Protein Deposition in Animals. (Eds.: P.J. Buttery and D.B. Lindsay), Butterworths, London, pp. 147-166
- BOTHWELL, J.W., J.R. PRIGMORE and J.N. WILLIAMS jr. (1954): A study of the nitrogen metabolism of lysine-deficient rats.
J. Nutr. 54, 469-478
- BOTHWELL, J.W. and J.N. WILLIAMS jr. (1951): A study of histidine deficiency and nitrogen balance under ad libitum and force-feeding conditions.
J. Nutr. 45, 245-252

- BURNS, R.A., J.A. MILNER and J.E. CORBIN (1981): Arginine: an indispensable amino acid for mature dog.
J. Nutr. 111, 1020-1025
- CALLOWAY, D.H. (1975): Nitrogen balance of men with marginal intakes of protein and energy.
J. Nutr. 105, 914-923
- CALLOWAY, D.H. and S. MARGEN (1971): Variation in endogenous nitrogen excretion and dietary nitrogen utilization as determinants of human protein requirement.
J. Nutr. 101, 205-216
- CALLOWAY, D.H. and H. SPECTOR (1954): Nitrogen balance as related to caloric and protein intake in active young men.
Am. J. Clin. Nutr. 2, 405-411
- CARR, J.R., K.N. BOORMAN and D.J.A. COLE (1977): Nitrogen retention in the pig.
Br. J. Nutr. 37, 143-155
- CHO, E.S., K.F. KRAUSE and H.L. ANDERSON (1977): Effects of dietary histidine and arginine on plasma amino acid and urea concentrations of men fed a low nitrogen diet.
J. Nutr. 107, 2078-2089
- CISSIK, J.H., R.E. JOHNSON and D.K. ROKOSCH (1972): Production of gaseous nitrogen in human steady-state conditions.
J. Appl. Phys. 32, 155-159
- CLARK, H.E., K. FUGATE and P.E. ALLEN (1967): Effect of four multiples of a basic mixture of essential amino acids on nitrogen retention of adult human subjects.
Am. J. Clin. Nutr. 20, 233-242

- CLARK, H.E., M.A. KENNEY, A.F. GOODWIN, K. GOYAL and E.T. MERTZ (1963): Effect of certain factors on nitrogen retention and lysine requirements of adult human subjects. IV. Total nitrogen intake.
J. Nutr. 81, 223-229
- COSTA, G. (1960): Hypothetical pathway of nitrogen metabolism.
Nature 188, 549-552
- COSTA, G., L. ULLRICH, F. KANTOR and J.F. HOLLAND (1968): Production of elemental nitrogen by certain mammals including man.
Nature 218, 546-551
- DENTON, A.E., J.N. WILLIAMS jr. and C.A. ELVEHJEM (1950): Methionine deficiency under ad libitum and force-feeding conditions.
J. Nutr. 42, 423-432
- DUDKA, L.T., H.J. INGLIS, R.E. JOHNSON, J.M. PECHINSKI and S. PLOWMAN (1971): Inequality of inspired and expired gaseous nitrogen in man.
Nature 232, 265-268
- ERBERSDOBLER, H. (1976): Aminosäuren und Proteine.
In: Lehrbuch der Veterinär-Physiologie. (Eds.: A. Scheunert und A. Trautmann), Paul Parey Verlag, pp. 241-268
- ERBERSDOBLER, H. (1981): Zur Übertragbarkeit ernährungsphysiologischer Daten aus Tierversuchen auf den Menschen.
Ernährungsumschau 28, 15-19

- FISHER, H., M.K. BRUSH and P. GRIMINGER (1974): Reassessment of amino acid requirements of young women on low nitrogen diets. III. Isoleucine, threonine, phenylalanine, and summation.
Am. J. Clin. Nutr. 27, 130-135
- FISHER, H., M.K. BRUSH, P. GRIMINGER and E.R. SOOTMAN (1967): Nitrogen retention in adult man: a possible factor in protein requirements.
Am. J. Clin. Nutr. 20, 927-934
- FLURER, C. (1981): Untersuchungen zur Eignung verschiedener Proteinquellen bei Krallenaffen.
Vet. Med. Diss., München
- FOLIN, O. (1905): Approximately complete analysis of thirty "normal urins".
Am. J. Physiol. 13, 45-65
- FORBES, R.M. and L. VAUGHAM (1954): Nitrogen balance of young albino rats force-fed methionine- or histidine-deficient diets.
J. Nutr. 52, 25-38
- FRAZIER, L.E., R.W. WISSLER, C.H. STEFFEE, R.L. WOOLRIDGE and P.R. CANNON (1947): Studies in amino acid utilization I. The dietary utilization of mixtures of purified amino acids in protein-depleted adult albino rats.
J. Nutr. 33, 65-83
- FROST, D.V. and H.R. SANDY (1951): Utilization of non-specific nitrogen sources by the adult protein-depleted rat.
J. Biol. Chem. 189, 249-260

- FULLER, M.F., T.E. WEEKES, A. CODENHEAD and J.B. BRUCE (1977): The protein sparing action of carbohydrate.
II. The role of insulin.
Br. J. Nutr. 38, 489-496
- GARCIA, F.G. (1976): Primate husbandry and reproduction.
In: First-Inter American Conference in Conservation and Utilization of American Nonhuman primates in Biomedical Research, Lima, 1975
Pan American Health Organization, Scientific Publication No. 317, 1976, pp. 51-64
- GARZA, C., N.S. SCRIMSHAW and V.R. YOUNG (1976): Human protein requirements: the effect of variations in energy intake within the maintenance range.
Am. J. Clin. Nutr. 29, 280-287
- GARZA, C., N.S. SCRIMSHAW and V.R. YOUNG (1978): Human protein requirements: interrelationships between energy intake and nitrogen balance in young men consuming the 1973 FAO/WHO safe level of egg protein, with added non-essential amino acids.
J. Nutr. 108, 90-96
- GERICKE, S. und B. KURMIES (1952): Colorimetrische Bestimmung der Phosphorsäure mit Vanadat-Molybdat.
Z. anal. Chem. 137, 15-22
- HARTSOOK, E.W. and H.H. MITCHELL (1956): The effect of age on the protein and methionine requirements of the rat.
J. Nutr. 60, 173-195
- HEGSTED, D.M. (1963): Variation in requirements of nutrients - amino acids.
Fed. Proc. 22, 1424-1430

HEGSTED, D.M. (1976): Balance studies.

J. Nutr. 106, 307-311

HEGSTED, D.M., A.G. TSONGAS, D.R. ABBOTT and F.J. STARE
(1946): Protein requirements of adults.

J. Lab. Clin. Med. 31, 261-284

HERSHKOVITZ, P. (1977): Living New World Monkeys. Vol. I
University of Chicago Press.

INOUE, G., Y. FUJITA and Y. NIIYAMA (1973): Studies on
protein requirements of young men fed egg protein and
rice protein with excess and maintenance energy in-
takes.

J. Nutr. 103, 1673-1687

ISAKSSON, B. and B. SJÖGREN (1967): A critical evaluation
of the mineral and nitrogen balances in man.

Proc. Nutr. Soc. 26, 106-116

JAFFE, M. (1886): Über den Niederschlag, welchen Pikrin-
säure in normalem Harn erzeugt und über eine neue
Reaction des Kreatinins.

Z. Physiol. Chem. 41, 391-400

JONES, E.M., C.A. BAUMANN and M.S. REYNOLDS (1956):
Nitrogen balances of women maintained on various
levels of lysine.

J. Nutr. 60, 549-562

KIES, C.V. (1972): Nonspecific nitrogen in the nutrition
of human beings.

Federation Proc. 31, 1172-1177

KIES, C.V. and H.M LINKSWILER (1965): Effect on nitrogen retention of men of altering the intake of essential amino acids with total nitrogen held constant.
J. Nutr. 85, 139-144

KIES, C.V., L. SHORTRIDGE and M.S. REYNOLDS (1965):
Effect on nitrogen retention of men of varying the total dietary nitrogen with essential amino acid intake kept constant.
J. Nutr. 85, 260-264

KING, G. (1975): Feeding and nutrition of the Callithricidae of the Jersey Zoological Park.
Twelfth annual report. Extract from Jersey Wildlife Preservation Trust, 1975

KINGSTON, W.R. (1969): Marmosets and Tamarins.
Lab. Anim. Handb. 4, 243-250

KISHI, K., S. MIYATANI and G. INOUE (1978): Requirement and utilization of egg protein by Japanese young men with marginal intakes of energy.
J. Nutr. 108, 658-669.

KLEIBER, M. (1947): Body size and metabolic rate..
Phys. rev. 27, 511-541

KOCH, M. (1983): Die Harnstoff- und Kreatininausscheidung der Albinoratte bei N-freier Ernährung.
Med. Vet. Diss., Gießen

KOFRANYI, E. (1980): Stickstoff-Umsatz.
In: Biochemie und Physiologie der Ernährung (Eds.: H.D. Cremer, D. Hötzel, J. Kühnau), Georg Thieme Verlag, Stuttgart, pp. 257-262

- KOFRANYI, E. und F. JEKAT (1964): Zur Bestimmung der biologischen Wertigkeit von Nahrungsproteinen. IX. Der Ersatz von hochwertigem Eiweiß durch nichtessentiellen Stickstoff.
Hoppe-Seyler's Z. Physiol. Chem. 338, 154-167
- KOFRANYI, E., F. JEKAT, K. BRAND, K. HACKENBERG und B. HESS (1969): Zur Bestimmung der biologischen Wertigkeit von Nahrungsproteinen. XIII. Die Frage der Essentialität von Arginin und Histidin.
Hoppe-Seyler's Z. Physiol. Chemie 350, 1401-1404
- KOPPLE, J.D. und M.E. SWENDSEID (1975): Evidence that histidine is an essential amino acid in normal and chronically uremic man.
J. Clin. Invest. 55, 881-891
- KROMMER, G. (1984): Dissertation in Vorbereitung
- KURZER, M.S. and D.H. CALLOWAY (1981): Nitrate and nitrogen balances in men.
Am. J. Clin. Nutr. 34, 1305-1313
- LEHMANN, M. (1984): Studie zum Proteinbedarf erwachsener Krallenaffen (*Saguinus fuscicollis*).
Vet. Med. Diss., München
- LEVERTON, R.M., M.R. GRAM and M. CHALOUPKA (1951):
Effect of the time factor and calorie level on nitrogen utilization of young women.
J. Nutr. 44, 537-545
- LEVERTON, R.M., M.R. GRAM, M. CHALOUPKA, E. BRODOVSKY and A. MITCHELL (1956a): The quantitative amino acid requirements of young women. I. Threonine.
J. Nutr. 58, 59-82

LEVERTON, R.M., M.R. GRAM, E. BRODOVSKY, M. CHALOUPKA,
A. MITCHELL and N. JOHNSON (1956b): The quantitative
amino acid requirements of young women. II. Valine.
J. Nutr. 58, 83-94

LEVERTON, R.M., N. JOHNSON, J. PAZUR and J. ELLISON (1956c):
The quantitative amino acid requirements of young women.
III. Tryptophan.
J. Nutr. 58, 219-230

LEVERTON, R.M., N. JOHNSON, J. ELLISON, D. GESCHWENDER and
F. SCHMIDT (1956d): The quantitative amino acid
requirements of young women. IV. Phenylalanine,
with and without tyrosine.
J. Nutr. 58, 341-353

LEVERTON, R.M., J. ELLISON, N. JOHNSON, J. PAZUR, F. SCHMIDT,
D. GESCHWENDER (1956e): The quantitative amino acid
requirements of young women. V. Leucine.
J. Nutr. 58, 355-365

LIN, P.C. and P.C. HUANG (1982): Actual nitrogen deposition
in mature adult rats fed moderate to high protein diets.
J. Nutr. 112, 1067-1074

MAILLARD, C.C. (1913): General reactions of amino acids
on sugars and its biological consequences.
Compt. Rend. Soc. Biol. 72, 599

MATSUNO, N., M. YAMAGUCHI, R. SAIKI and E. TAMURA (1976):
Body weight change and nitrogen efficiencies in growing
and adult rats fed diets containing various proportions
of essential amino acids to total amino acids.
J. Nutr. Sci. Vitaminol. 22, 321-331

MELNICK, D. and G.S. COWGILL (1937): The protein minima for nitrogen equilibrium with different proteins.
J. Nutr. 13, 401-424

MILLER, D.S. and P.R. PAYNE (1969): Assessment of protein requirements by nitrogen balance.
Proc. Nutr. Soc. 28, 225-234

MITCHELL, H.H. (1949): Adult growth in man and its nutrient requirements.
Arch. Biochem. Biophys. 21, 335-342

MITCHELL, H.H. (1962): The maintenance requirement of protein.
In: Comparative Nutrition of Man and Domestic Animals 1, Academic Press, New York, pp. 567-569

MITCHELL, H.H. and M. EDMAN (1962): Nutritional significance of the dermal losses of nutrients in man, particularly of nitrogen and minerals.
Am. J. Clin. Nutr. 10, 163-172

MOORE, T.B. and J.E. WILSON (1957): Histidine as an essential nutrient for the adult rat.
J. Nutr. 62, 357-365

MORRIS, J.G. and Q.R. ROGERS (1978): Arginine: An essential amino acid for the cat.
J. Nutr. 108, 1944-1953

MUNRO, H.N. (1951): Carbohydrate and fat as factors in protein utilization and metabolism.
Biochem. J. 54, 191-197

- MUNRO, H.N. (1964): General aspects of the regulation of protein metabolism by diet and by hormones.
In: Mammalian Protein Metabolism 1 (Eds.: H.N. Munro and J.B. Allison), Academic Press, New York, pp. 381-481
- MUNRO, H.N. and D.J. NAISMITH (1953): The influence of energy intake on protein metabolism.
Biochem. J. 54, 191-197
- MUYSERS, K., U. SMIDT, G. von NIEDING, H. KREKELER and K.E. SCHAEFER (1974): Diffusional and metabolic components of nitrogen elimination through the lungs.
J. Appl. Physiol. 37, 32-38
- NAPIER, J.R. and P.H. NAPIER (1967): A Handbook of Living Primates. Academic Press, New York
- NASSET, E.S. (1957): Comparison of amino acid mixtures and egg protein as sources of dietary nitrogen.
J. Nutr. 61, 555-569
- NASSET, E.S. and V.H. GATEWOOD (1954): Nitrogen balance and hemoglobin of adult rats fed amino acid diets low in L- and D-histidine.
J. Nutr. 53, 163-176
- NEERGAARD, L. (1981): Comparison of balance technique with slaughter technique in assessment of nitrogen retention in rats.
Z. Tierphysiol., Tierernährg. und Futtermittelkde. 46 214-220
- NEHRING, K. (1957): Die Bestimmung der biologischen Wertigkeit des Eiweißes. N-Bilanz und N-Ansatz im Tier.
Biochem. Z. 328, 549-561

NICOLOSI, R.J. and R.D. HUNT (1979): Dietary allowances for nutrients in nonhuman primates.

In: Primates in Nutritional Research (Ed.: K.C. Hayes), Academic Press, New York, pp. 11-37

ODDOYE, E.A. and S. MARGEN (1979): Nitrogen balance studies in humans: long-term effect of high nitrogen intake on nitrogen accretion.

J. Nutr. 109, 363-377

OSBORNE, T.B. and L.B.MENDEL (1916): The amino-acid minimum for maintenance and growth, as exemplified by further experiments with lysine and tryptophane.

J. Biol. Chem. 25, 1-12

PETRY, H. (1984): Persönliche Mitteilung

Institut für Physiologie, Physiologische Chemie und Ernährungsphysiologie der Tierärztlichen Fakultät der Universität München

PORTMAN, O.W. (1970): Nutritional Requirements (NRC) of nonhuman primates.

In: Feeding and Nutrition of Nonhuman Primates

(Ed.: R.S. Harris), Academic Press, New York, pp.87-115

RAMA RAO, P.B., V. CHALAM METTA, H.W. NORTON and B. CONNOR

JOHNSON (1960): The amino acid composition and nutritive value of proteins. III. The total protein and the nonessential amino nitrogen requirement.

J. Nutr. 71, 361-365

RAND, W.M., V.R. YOUNG and N.S. SCRIMSHAW (1976): Change

of urinary nitrogen excretion in response to low-protein diets in adults.

Am. J. Clin. Nutr. 29, 639-644

- RAND, W.M., N.S. SCRIMSHAW and V.R. YOUNG (1981): Conventional ("long-term") nitrogen balance studies for protein quality evaluation in adults: rationale and limitations.
In: Protein Quality in Humans: Assessment and in Vitro Estimations (Eds.: C.E. Bodwell, J.S. Adkins and D.T. Hopins), AVI Publishing Company, Westport, Connecticut, pp. 64-94
- REYNOLDS, M.S., D.S. STEEL, E.M. JONES and C.A. BAUMANN (1958): Nitrogen balances of women maintained on various levels of methionine and cystine.
J. Nutr. 64, 99-111
- RICHARDSON, D.B., A.H. WAYLER, N.S. SCRIMSHAW and V.R. YOUNG (1979): Quantitative effect of an isoenergetic exchange of fat for carbohydrate on dietary protein utilization in healthy young men.
Am. J. Clin. Nutr. 32, 2217-2223
- RIOPELLE, A.J., C.W. HILL, S.C. LI, R.H. WOLF, H.R. SEIBOLD and J.L. SMITH (1974): Protein deprivation in primates. I. Nonpregnant adult rhesus monkeys.
Am. J. Clin. Nutr. 27, 13-21
- ROBBINS, R.C. and J.A. GAVAN (1966): Utilization of energy and protein of a commercial diet by rhesus monkeys (*Macaca mulatta*).
Lab. Animal Care 16, 286-291
- RÖSSNER, W. (1955): Untersuchungen über Wertbeurteilungsmöglichkeiten von Eiweißen für die Ernährung durch Tierfütterungsversuche.
Vet. Med. Diss., München

- ROGERS, Q.R. and P.M.B. LEUNG (1973): The influence of amino acids on the neuroregulation of food intake. Fed. Proc. 32, 1709-1719
- ROMO, G.S. and H. LINKSWILER (1969): Effect of level and pattern of essential amino acids on nitrogen retention of adult man. J. Nutr. 97, 147-153
- ROSE, W.C. (1937): The nutritive significance of the amino acids and certain related compounds. Science 86, 298-300
- ROSE, W.C. (1949): Amino acid requirements of man. Fed. Proc. 8, 546-552
- ROSE, W.C., M.J. COON and G.F. LAMBERT (1954b): The amino acid requirements of man. VI. The role of the caloric intake. J. Biol. Chem. 210, 331-342
- ROSE, W.C., W.J. HAINES, D.T. WARNER and J.E. JOHNSON (1951): The amino acid requirements of man. II. The role of threonine and histidine. J. Biol. Chem. 188, 49-58
- ROSE, W.C., W.J. HAINES and D.T. WARNER (1954a): The amino acid requirements of man. V. The role of lysine, arginine and tryptophane. J. Biol. Chem. 206, 421-430
- ROSE, W.C., M.J. OESTERLING and M. WOMACK (1948): Comparative growth on diets containing ten and nineteen amino acids, with further observation upon the role of glutamic and aspartic acids. J. Biol. Chem. 176, 753-762

- ROSE, W.C. and E.E. RICE (1939): The significance of the amino acids in canine nutrition.
Science 90, 186-187
- ROSE, W.C., L.C. SMITH, M. WOMACK and M. SHANE (1949): The utilization of the nitrogen of ammonium salts, urea and certain other compounds in the synthesis of non-essential amino acids in vivo.
J. Biol. Chem. 181, 307-316
- ROSE, W.C. and R.L. WIXOM (1955a): The amino acid requirements of man. XIII. The sparing effect of cystine on the methionine requirement.
J. Biol. Chem. 216, 763-773
- ROSE, W.C. and R.L. WIXOM (1955b): The amino acid requirements of man. XIV. The sparing effect of tyrosine on the phenylalanine requirement.
J. Biol. Chem. 217, 95-101
- ROSE, W.C., R.L. WIXOM, H.B. LOCKHART and G.F. LAMBERT (1955): Amino acid requirements of man. XV. The valine requirement; summary and final observations.
J. Biol. Chem. 217, 987-995
- ROSENTHAL, H.L. and J.B. ALLISON (1956): Effects of caloric intake on nitrogen balance and organ composition of adult rats.
J. Agr. Food Chem. 4, 792-796
- RUBNER, M. (1883): Über den Einfluß der Körpergröße auf Stoff- und Kraftwechsel.
Z. Biol. 19, 535-562

SAID, A.K. and D.M. HEGSTED (1969): Evaluation of protein quality in adult rats.

J. Nutr. 99, 474-480

SAID, A.K. and D.M. HEGSTED (1979): Response of adult rats to low dietary levels of essential amino acids.

J. Nutr: 100, 1363-1375

SANAHUJA, J.C. and A.E. HARPER (1963): Amino acid balance and imbalance. XII. Effect of amino acid imbalance on self-selection of diet by the rat.

J. Nutr. 81, 363-371

SANSLONE, W.R. and R.L. SQUIBB (1962): Comparison of procedures for assessing nitrogen retention in chicks.

Br. J. Nutr. 16, 59-63

SAPPL, A. (1984): Proteinbedarfsermittlung bei erwachsenen Krallentaffen durch den N-Bilanzversuch.

Vet. Med. Diss., München

SCALES, F.M. and A.P. HARRISON (1920): Boric acid modification of the Kjeldahl method for crop and soil analysis.

J. Ind. Eng. Chem. 12, 350-352

SCHOEN, R. (1982): Proteinbedarfsstudie an zwei Krallentaffenspezies mit einer halbsynthetischen Diät.

Vet. Med. Diss., München

SCHURG, W.A., D.L. FREI, P.R. CHEEKE and D.W. HOLTAN (1976): Utilization of whole corn plant pellets by horses.

J. Anim. Sci. 42, 1559

SCRIMSHAW, N.S. and V.R. YOUNG (1979): Soy protein in adult human nutrition: A review with new data.

In: Soy Protein and Human Nutrition (Eds. H.L. Wilcke, D.T. Hopkins and D.H. Waggle), Academic Press, New York pp. 121-148

SCRIMSHAW, N.S., V.R. YOUNG and C. GARZA (1977): Reply to Mr. Hegsted (letter).

Am. J. Clin. Nutr. 30, 466-467

SCRIMSHAW, N.S., V.R. YOUNG, P.C. HUANG, O. THANANGKUL and B.V. CHOLAKOS (1969): Partial dietary replacement of milk protein by nonspecific nitrogen in young men. J. Nutr. 98, 9-17

SCRIMSHAW, N.S., V.R. YOUNG, R. SCHWARTZ, M.L. PICHE and J.B. DAS (1966): Minimum dietary essential amino acid-to-total nitrogen ratio for whole egg protein fed to young men.

J. Nutr. 89, 9-18

SMITH, E.B. and B.C. JOHNSON (1967): Studies of amino acid requirements of adult rats.

Br. J. Nutr. 21, 17-21

SMUTS, D.B. (1935): The relation between the basal metabolism and the endogenous nitrogen metabolism, with particular reference to the estimation of the maintenance requirement of protein.

J. Nutr. 9, 403-433

SNYDERMAN, S.E., L.E. HOLT jr., J. DANCIS, E. ROITMAN, A. BOYER and M.E. BALIS (1962): "Unessential" nitrogen: a limiting factor in human growth.

J. Nutr. 78, 57-72

- SOUCI, S.W., W. FACHMANN und W. KRAUT (1981): Die Zusammensetzung der Lebensmittel. Nährwert Tabellen 1981/82. (Hrsg. Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie, Garching b. München), Wissenschaftliche Verlagsges. mbH, Stuttgart
- STEFFEE, W.P., R.S. GOLDSMITH, P.B. PENCHARZ, N.S. SCRIMSHAW and V.R. YOUNG (1976): Dietary protein intake and dynamic aspects of whole body nitrogen metabolism in adult humans.
Metabolism 25, 281-297
- STEMMLER-MORATH, C. (1936): Die Koprophagie, eine Gefangen-schaftserscheinung bei den Anthropomorphen.
Zool. Garten 9, 159-161
- STUCKI, W.P. and A.E. HARPER (1962): Effects of altering the ratio of indispensable to dispensable amino acids in diets for rats.
J. Nutr. 78, 278-286
- SWENDSEID, M.E. and M. DUNN (1956): Amino acid requirements of young women based on nitrogen balance data.
II. Studies on isoleucine and on minimum amounts of the eight essential amino acids fed simultaneously.
J. Nutr. 58, 507-517
- SWENDSEID, M.E., C.L. HARRIS and S.G. TUTTLE (1960): The effect of sources of nonessential nitrogen on nitrogen balance in young adults.
J. Nutr. 71, 105-108
- SWENDSEID, M.E., C.L. HARRIS and S.G. TUTTLE (1962): An evaluation of the FAO amino acid reference pattern in human nutrition. II. Studies with young women.
J. Nutr. 77, 391-396

- TANNENBAUM, S.R., D. FETT, V.R. YOUNG, P.D. LAND and W.R. BRUCE (1978): Nitrite and nitrate are formed by endogenous synthesis in the human intestine.
Science 200, 1487-1489
- THORINGTON, R.W. (1979): Feeding behavior of nonhuman primates in the wild.
In: Feeding and Nutrition of Nonhuman Primates (Ed. R.S. Harris), Academic Press, New York, pp. 15-27
- TUTTLE, S.G., S.H. BASSETT, W.H. GRIFFITH, D.B. MULCARE and M.E. SWENDSEID (1965): Further observations on the amino acid requirements of older men. I. Effects of nonessential nitrogen supplements fed with different amounts of essential amino acids.
Metabolism 16, 225-228
- TUTTLE, S.G., M.E. SWENDSEID, D.B. MULCARE, W.H. GRIFFITH and S.H. BASSETT (1957): Study of the essential amino acid requirements of men over fifty.
Metabolism 6, 564-573
- TUTTLE, S.G., M.S. SWENDSEID, D.B. MULCARE, W.H. GRIFFITH and S.H. BASSETT (1959): Essential amino acid requirements of older men in relation to total nitrogen intake.
Metabolism 8, 61-72
- WALLACE, W.M. (1959): Nitrogen content of the body and its relation to retention and loss of nitrogen.
Fed. Proc. 18, 1125-1130
- WATERLOW, J.C. (1968): Observation on the mechanism of adaptation to low protein intake.
Lancet 2, 1091-1097

WATTS, J.H., L. BRADLEY and A.N. MANN (1965): Total N, urea and ammonia excretions of human male subjects fed several nonessential amino acids singly as the chief source of nonspecific N.
Metabolism 14, 504-515

WATTS, J.H., B. TOLBERT and W.L. RUFF (1964): Nitrogen balances for young adult males fed two sources of non-essential nitrogen at two levels of total nitrogen intake.
Metabolism 13, 172-180

WENDT, H. (1968): Springtamarins und Krallenäffchen.
In: Grzimeks Tierleben 10, Kindler Verlag, Zürich, pp. 348-378

WISSLER, R.W., C.H. STEFFEE, L.E. FRAZIER, R.L. WOOLRIDGE and E.P. BENDITT (1948): Studies in amino acid utilization. III. The role of the indispensable amino acids in maintenance of the adult albino rat.
J. Nutr. 36, 245-262

WOLF, P.A. and R.C. CORLEY (1939): Significance of amino acids for the maintenance of nitrogen balance in the adult white rat.
Am. J. Physiol. 127, 589-596

YOSHIMURA, Y., K. KISHI and Y. MATSUMOTO (1982): Quantitative effects of nitrogen and energy intakes on body weight and nitrogen retention in adult rats.
Tokushima J. exp. Med. 29, 163-171

- YOSHIZAWA, M., T. ISHIBASHI, M. KAMETAKA and M. KANDATSU
(1973): Utilization of diammonium citrate by adult rats.
Agr. Biol. Chem. 37, 1057-1065
- YOUNG, V.R., M. PUIG, E. QUEIROZ, N.S. SCRIMSHAW and W.M.
RAND (1984): Evaluation of the protein quality of an
isolated soy protein in young men: relative nitrogen
requirements and effect of methionine supplementation.
Am. J. Clin. Nutr. 39, 16-24
- YOUNG, V.R., Y.S.M. TAYLOR, W.M. RAND and N.S. SCRIMSHAW
(1973): Protein requirements of man: efficiency of egg
protein utilization at maintenance levels in young men.
J. Nutr. 103, 1164-1174
- ZEZULKA, A.Y. and D.H. CALLOWAY (1976): Nitrogen retention
in men fed varying levels of amino acids from soy
protein with or without added L-methionine.
J. Nutr. 106, 212-221

Herrn Prof. Dr. H. Zucker danke ich sehr herzlich für die Überlassung des Themas und die stets freundliche Unterstützung meiner Arbeit.

Mein besonderer Dank gilt Frau Dr. C. Flurer für die Betreuung bei der Durchführung und Anfertigung dieser Arbeit und Herrn Dr. W. Rambeck, der mich bei der Anfertigung meiner Arbeit unterstützt hat.

Herrn Prof. Dr. F. Deinhardt danke ich für die Möglichkeit, mit Tieren des Max von Pettenkofer-Institutes für Hygiene und medizinische Mikrobiologie der Universität München Versuche durchführen zu können.

Außerdem möchte ich Frau A. Wetzel und Frau A. Bachhuber für ihr entgegenkommendes Interesse bei technischen Problemen danken. Ebenso gilt mein Dank Frau Dr. B. Holstein und Frau S. Sennebogen, die die Aminosäuregehalte meiner Futtermischungen bestimmt haben. Für gute Zusammenarbeit und hilfsbereite Unterstützung danke ich Herrn Dr. A. Sappl und Herrn G. Krommer.

LEBENS LAUF

Hildegard Adler

06.03.1958	geboren in Baden-Baden Vater: Richard Adler, Apotheker Mutter: Hildegard Adler, geb. Ketterer, gest. 1967
1965 - 1968	Besuch der Grundschule in Achern
1968 - 1977	Besuch des Gymnasiums in Achern
10.05.1977	Abitur
1977 - 1983	Studium der Tiermedizin an der Ludwig-Maximilians-Universität München
16.06.1983	Staatsexamen
01.12.1983	Approbation als Tierärztin
seit 01.07.1983	Anfertigung der Dissertation am Institut für Physiologie, Physio- logische Chemie und Ernährungs- physiologie der Tierärztlichen Fakultät der Universität München
01.01.1984 - 30.06.1984	Tätigkeit als wissenschaftliche Hilfskraft am gleichen Institut



